

# ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟ

ଅଧ୍ୟାପକ ଶେଖ୍ ଦୁସିଂଜୁଦିନ୍

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା

# ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟ

ଲେଖକ

ଶେଷ୍ ହଫିଜୁଦ୍ଦିନ, ଏମ୍. ଏସ୍‌ସି.

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ, ଅଧ୍ୟାପକ,

ବି. ଜେ. ବି. କଲେଜ, ଭୁବନେଶ୍ୱର



ପ୍ରକାଶକ

ଓଡ଼ିଶା ସାହିତ୍ୟ ଏକାଡେମୀ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରକାଶନ ଓ ପ୍ରଣୟନ ସଂସ୍ଥା  
ଭୁବନେଶ୍ୱର

# **NUCLEAR POWER**

**FOR DEGREE STUDENTS**

Published by the Orissa State Bureau of Text Book preparation and production under the Centrally sponsored scheme of production of Books & literature in regional languages at university level, of the Government of India in the Ministry of education & social welfare (Department of culture) New Delhi.

Written by

Shaikh Hafizuddin, M. Sc.

Lecturer in physics, B. J. B. College, Bhubaneswar.

First Edition—1974

by

**ORISSA STATE BUREAU OF  
TEXT BOOK PREPARATION  
AND PRODUCTION  
BHUBANESWAR,  
ORISSA.**

Publication No.

Price Rs. 7-50

## ଉପୋଦ୍ୟାତ

ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ଶିକ୍ଷାର ମାତୃଭାଷା ମାଧ୍ୟମ ନୀତି ଗୃହୀତ ହେବା ଫଳରେ ଓଡ଼ିଶାର ଗୁରୁତ୍ତ୍ୱାନ୍ୱୟୀମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଓଡ଼ିଆ ଭାଷାରେ ଉଚ୍ଚ କୋଟୀର ପୁସ୍ତକମାନ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଛି । ଏ ଧରଣର ପୁସ୍ତକ ଯେତେ ଅଧିକ ପ୍ରକାଶ ପାଇବ, ଆମ ଭାଷା ପକ୍ଷରେ ତଥା ଗୁରୁତ୍ତ୍ୱାନ୍ୱୟୀମାନଙ୍କ ପକ୍ଷରେ ଯେତେ ମଙ୍ଗଳ ହେବ । ପୃଥିବୀର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ଦେଶରେ ଗୁରୁତ୍ତ୍ୱାନ୍ୱୟୀମାନେ ମାତୃ-ଭାଷାରେ ଜ୍ଞାନ ଆହରଣ କରି କାର୍ଯ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହାର ବିନିଯୋଗ କରନ୍ତି । ଭାରତରେ ମଧ୍ୟ ଏ ଦିଗରେ ପ୍ରଚେଷ୍ଟା ଚାଲିଛି । ଓଡ଼ିଶାରେ ଭାରତ ସରକାରଙ୍କ ପକ୍ଷରୁ “ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା” ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ଏହି ସଂସ୍ଥା ଓଡ଼ିଆ ଭାଷାରେ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ କରିବାର ଦାୟିତ୍ୱ ବହନ କରେ । ସୁଖର କଥା ଓଡ଼ିଶାର ବିଦ୍ୱାନ୍ ଅଧ୍ୟାପକ ବୃନ୍ଦ ଏ ସଂସ୍ଥାକୁ ସହଯୋଗ ପ୍ରଦାନ କରି ଆସୁଛନ୍ତି । ପ୍ରସ୍ତୁତ ନିଉକଲମ୍ବାର ପାଠ୍ୟର ପୁସ୍ତକଟି ଉତ୍କଳ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ, ବ୍ରହ୍ମପୁର ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ଏବଂ ସମ୍ବଲପୁର ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ବି. ଏସ୍‌ସି. ଗୁରୁମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ବକ୍ସି ଜଗବନ୍ଧୁ ବିଦ୍ୟାଧର ମହାବିଦ୍ୟାଳୟର ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ଅଧ୍ୟାପକ ଶେଖ ହଫିଜୁଦ୍ଦିନ ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ଲେଖିଥିବାରୁ ଏବଂ ଉତ୍କଳ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ସ୍ନାତକୋତ୍ତର ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ବିଭାଗ ଅଧ୍ୟାପକ ଶ୍ରୀ ନାରାୟଣ ଚନ୍ଦ୍ର ଦାସ ଏହାର ସମୀକ୍ଷା କରୁଥିବାରୁ ମୁଁ ସଂସ୍ଥା ତରଫରୁ ଉଭୟଙ୍କୁ ଧନ୍ୟବାଦ ଜାପନ କରୁଛି ।

ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ଗୁରୁତ୍ତ୍ୱାନ୍ୱୟୀ ତଥା ଅଧ୍ୟାପକ ସମାଜରେ ଅଦ୍ଭୁତ ହେବ ବୋଲି ଆମର ଆଶା ।

ଭୁବନେଶ୍ୱର  
ତା ୨୭/୧/୭୪



ଶ୍ରୀନିବାସ ସାହୁ

ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ  
ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା



## **LIST OF REFERENCES**

1. Nuclear Power Today and Tomorrow  
Kenneth Jay.
2. Theoretical Nuclear physics  
Blatt & Weisskoff.
3. The Science and Engineering of Nuclear Power  
Vol. I and Vol. II  
Clark Goodman
4. Basic Principles of Nuclear Science and Reactors  
A. M. Jacob  
D. E. Kline  
F. J. Remick
5. Basic Nuclear Physics  
B. N. Srivastava.
6. Nuclear Power  
D. Voskoboinik
7. Source Book on Atomic Energy  
S. Glasstone.
8. The Uses and Effects of Nuclear Energy  
Edited by C. H. Dobinson.
9. Atomic Energy an Appraisal  
Published by Pergumon Press
10. Atomic Energy and its Applications  
J. M. A. Lenihan.
11. Atom and its Energy  
A. Dasgupta.
12. Nuclear Explosions and their Effects  
Publication Division, Govt. of India.

13. Scientific American, September 1971.
14. „ „ June 1972.
15. Science Reporter, May 1972.
16. Science Today, September 1969.
17. „ „ October 1971
18. Annual Report. Department of Atomic Energy  
Govt. of India 1972-73
19. Utilisation of a Research Reactor  
10 years of 'APASARA'
20. Nuclear India—June/July 1972.
21. C. I. R. Nuclear Fuel Complex,  
(Hyderabad) Pamphlets  
and many other Published by Department of Atomic  
Energy, Govt. of India.
22. Mc Graw-Hill Encyclopaedia vol.-9.

## ପୂର୍ବାହ୍ନ

୧୯୫୫ ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ ୭ ତାରିଖ । ପୃଥିବୀର ପ୍ରଥମ ପରମାଣୁ ବୋମା ବିସ୍ଫୋଟ ହୋଇଥିଲା ଐତିହାସିକ ହିରୋସିମା ସହର ଉପରେ । ବୋମାର ଧ୍ବଂସଲାଳା ସ୍ତମ୍ଭୀଭୂତ କରିଦେଇଥିଲା ପୃଥିବୀ ବାସୀଙ୍କୁ । ପରମାଣୁ ବୋମା ଦିନେ ନା ଦିନେ ମାନବ ସମାଜକୁ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ଧ୍ବଂସ କରିଦେବ ଏ ବିଷୟରେ ଧାରଣା କରିବାକୁ ଆଉ ବାକି ନ ଥିଲା । ସମସ୍ତଙ୍କ ମନରେ ସେହି ଏକମାତ୍ର ପ୍ରଶ୍ନ; ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର ଆବିଷ୍କାର ଜନକଲ୍ୟାଣ ସାଧନ ପାଇଁ ନା ମାନବ ସମାଜକୁ ଧ୍ବଂସ କରେ ପାଇଁ ? ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ପାଇଁ ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ରାଷ୍ଟ୍ରଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରଥମ ସନ୍ମିଳିତ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥିଲା ୧୯୫୫ ମସିହାରେ । ଜନକଲ୍ୟାଣ ସାଧନ ଦିଗରେ ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିକୁ କିପରି ଅଧିକରୁ ଅଧିକତର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରିବ ସେ ବିଷୟରେ ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ରାଷ୍ଟ୍ରରେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଗବେଷଣା ଚାଲିଛି ।

ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର ମୁଖ୍ୟ ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ ହେଲା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ । ଆଧୁନିକ ଯୁଗରେ ଯେଉଁ ଦେଶରେ ମୁଣ୍ଡପିଣ୍ଡ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ଯେତେ ଅଧିକ ସେ ଦେଶ ସେତେ ପ୍ରଗତିଶୀଳ । ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ଜଳ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ମୌସୁମିକାୟୁ ପ୍ରବାହରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ତାପଜ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ କୋଇଲା ବା ତେଲକୁ ଉପଯୋଗ କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଭୁଗର୍ଭରେ ମହାନ୍ତ ଥିବା କୋଇଲାର ପରିମାଣ ଭବିଷ୍ୟତର ଗୁଡ଼ିଦା ମେଣ୍ଟାଇବା ନିମିତ୍ତ ଯଥେଷ୍ଟ ନୁହେଁ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ କୋଇଲାର ଉତ୍ପାଦନ ବ୍ୟୟ ଦିନକୁ ଦିନ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି । କୋଇଲାଖଣିଠାରୁ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନ ଯେତେ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ, ସେଠାରେ କୋଇଲାର ମୂଲ୍ୟ ସେତେ ଅଧିକ । ତେଣୁ ଭବିଷ୍ୟତରେ କୋଇଲା ଉପରେ ପୁରାପୁରି ନିର୍ଭର କରାଯାଇ ନ ପାରେ । ତେଲ ଉତ୍ପାଦନକାରୀ ରାଷ୍ଟ୍ରସମୂହ ତେଲ ଉତ୍ପାଦନ ଉପରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଜାଣି ରଖୁଛନ୍ତି । ତେଲକୁ ଆମଦାନୀ କରି କୌଣସି ଶିଳ୍ପ ଯନ୍ତ୍ର

ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରାଯାଏ, ତେବେ ଏହାର ଭବିଷ୍ୟତ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ନୁହେଁ । ଯୁଦ୍ଧ ସମୟରେ ତେଲ ସଙ୍କଟ ଦେଖା ଦେଇଥାଏ ଏବଂ ତେଲର ମୂଲ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଏ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଉଁର ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍ ସ୍ଥାପନ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ଭବ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଉଁର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପୁଞ୍ଜି ଲଗାଣ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ; କିନ୍ତୁ ପରିଚ୍ଛନ୍ନ ବ୍ୟୟ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ ତଥା ତାପନ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ଭୂଲନାରେ କମ୍ । ଏହି କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ବିଶେଷ କିଛି କଟକଣା ନ ଥାଏ । ଏତଦ୍ୱ୍ୟତୀତ ଡାବ୍, ପ୍ରଜନନ ଶିଆଳ୍ପର (Fast Breeder Reactor)ରେ କ୍ଷିନି ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ଫୁନକାର ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ କ୍ଷିନି ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଫଳସ୍ୱରୂପ କ୍ଷିନି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ ଭବିଷ୍ୟତରେ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ତାପନ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ମାନଙ୍କର ସ୍ଥାନ ଏହି ଆକର୍ଷଣୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଉଁର କେନ୍ଦ୍ର ପୁରଣ କରିବାର ସମ୍ଭାବନା ଅଧିକ । ବିଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତିର ସମୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଜେନେରେଟର ହିଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଗୁଣ୍ଡ ଉତ୍ପାଦନ ପାଇଁ ଦାୟୀ । ବହୁଳ ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଗୁଣ୍ଡ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଟରବାଇନ୍ ଅବରତରୂପେ ଘୂରୁବା ଆବଶ୍ୟକ । ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ମାନଙ୍କରେ ଜଳବଳ ଦ୍ୱାରା ଟରବାଇନ୍ ଚାଲେ । ତାପନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ କୋଇଲା ବା ତେଲ ଜଳିବା ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ତାପ ମିଳେ ତାହାକୁ ଉପଯୋଗ କରି ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହି ବାଷ୍ପ ଗୁପ୍ତ ଦ୍ୱାରା ଟରବାଇନ୍ ଚାଲେ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଉଁର ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍ ତାପନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ; କିନ୍ତୁ ଏଠାରେ ତାପଉତ୍ସ କୋଇଲା ବା ତେଲ ନୁହେଁ, ଶିଆଳ୍ପର ଅଟେ । ଏହି ଶିଆଳ୍ପରରେ ବିଭିନ୍ନ ତେଜ ଅଭିନୟକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରି ଗୁଲୁ ରଖାଯାଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଜ୍ଞାନ ଏକ ଅତି ଉନ୍ନତ ବିଷୟ । ଏହି କ୍ଷୁଦ୍ର ପୁସ୍ତକର କଲେବରକୁ ଦୃଷ୍ଟି ସମ୍ମୁଖରେ ରଖି ବିଷୟଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି । ପୁସ୍ତକର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ବସ୍ତୁ ଶକ୍ତିର ଏକ ଜମାଟ ଅବସ୍ଥା ବୋଲି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଛି ଏବଂ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆଇନଷ୍ଟାଇନଙ୍କ ବସ୍ତୁ ଓ ଶକ୍ତିର ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ ନିୟମ  $E = mc^2$  ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି । ପରବର୍ତ୍ତୀ ଅଧ୍ୟାୟ-ଗୁଡ଼ିକରେ ବସ୍ତୁ ଶକ୍ତି କିପରି ମୁକ୍ତ ହୋଇପାରିବ ସେ ବିଷୟରେ ଧାରଣା ଦିଆଯାଇଛି । ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର କେତେକ ଯୁକ୍ତକାଳୀନ ଏବଂ ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ ମଧ୍ୟ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି । ‘ଭାରତ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଉଁର’ ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଉଁରର ଅଗ୍ରଗତ ବିଷୟ ସ୍ପଷ୍ଟ ହୋଇଛି । ଏହି ଅଧ୍ୟାୟ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବା ସମୟରେ “ଭବା ଆଶଙ୍କିତ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର, ଟ୍ରମ୍ପେ, ବମ୍ବେ—୮୫” ଆବଶ୍ୟକୀୟ ମୂଲ୍ୟବାନ ତଥ୍ୟ ଯୋଗାଇ ଦେଇଥିବାରୁ ମୁଁ ସେଠାକାର କର୍ମକର୍ତ୍ତାଙ୍କ ନିକଟରେ ଋଣୀ ।

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥାଙ୍କ ଆଗୁକୁଳାରେ ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ପ୍ରକାଶିତ ହୋଇଥିବାରୁ ମୁଁ ତାର ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ତଥା କର୍ମକର୍ତ୍ତାଙ୍କ ନିକଟରେ କୃତଜ୍ଞ ।

ପୁସ୍ତକଟିରେ ବାକ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ଯଥାସମ୍ଭବ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ତଥା ସରଳ କରାଯାଇଛି । ବୈଜ୍ଞାନିକପରିଭାଷା ଯେତେଦୂର ସମ୍ଭବ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଛି । ଓଡ଼ିଆ ଭାଷାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଶବ୍ଦଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରତିଶବ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହଜ ନୁହେଁ । କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଶବ୍ଦଗୁଡ଼ିକ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖାଯାଇଛି । ଓଡ଼ିଆର ପ୍ରତିଶବ୍ଦ ସହ ଇଂରାଜୀ ମୂଳଶବ୍ଦ ମଧ୍ୟ ଦିଆଯାଇଛି ।

ପୁସ୍ତକଟି ଡିଗ୍ରୀସ୍ତରୀୟ ପ୍ରାଥମିକ ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ସେମାନଙ୍କଦ୍ୱାରା ପୁସ୍ତକଟି ଆଦୃତ ହେଲେ ମୋର ଗ୍ରମ ସାର୍ଥକ ହେଲା ବୋଲି ମନେ କରିବି ।

ଜାନୁୟାରୀ ୨୭, ୧୯୭୪  
ଭୁବନେଶ୍ୱର

{

ଲେଖକ

## ସୂଚୀପତ୍ର (Contents)

### ପ୍ରଥମ ଅଧ୍ୟାୟ—1-37

ପଦାର୍ଥ ଓ ଶକ୍ତିର ନୂତନ ଧାରଣା—ବସ୍ତୁର ସଂରଚନା—ଜେନସ୍, ପୃଥ୍ବୀର ନିୟମାବଳୀ—ଜେନସ୍, ସୂକ୍ଷ୍ମ—ସୂକ୍ଷ୍ମ ପୃଥ୍ବୀର ଏକକ—ବନ୍ଧନଶକ୍ତି—ନିଉକ୍ଲିୟସର ସ୍ଥାୟିତ୍ବ—ନିଉକ୍ଲିୟସର ଅଭିସିଦ୍ଧା—ନିଉକ୍ଲିୟସର ଅଭିସିଦ୍ଧା ଶକ୍ତି—ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟସର ଅଭିସିଦ୍ଧା—ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ନିଉକ୍ଲିୟସର ଅଭିସିଦ୍ଧା—ନିଉକ୍ଲିୟସର ବିଭଜନ—ନିଉକ୍ଲିୟସ ବିଭଜନର ଚିୟାବଧି ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ କାନ୍ଥକ ଶକ୍ତି—ବିଭଜନରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପତ୍ତି—ବିଭକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ—ବିଭଜନରୁ ମୁକ୍ତ ଶକ୍ତି—ବିଭଜନସୂତ୍ର ଓ ଉତ୍ତର ପଦାର୍ଥ—ବିଭଜନ ଚେନ ଅଭିସିଦ୍ଧା—ଗୁଣନଗୁଣାଙ୍କ—

### ଦ୍ୱିତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ—38-57

ନିଉକ୍ଲିୟସର ଶିଆଳ୍ପ—ଶିଆଳ୍ପର ଶ୍ରେଣୀ ବିଭାଗ—ନିଉକ୍ଲିୟସର ପାଠ୍ୟର ପ୍ରାଣର ଆବଶ୍ୟକତା ଅଂଶ—ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନଗୁଣାଙ୍କ—କାନ୍ଥକ ଆକାର କାନ୍ଥକ ସମୀକରଣ—ଶିଆଳ୍ପର ଆକାର ଓ ଏହାର ବିଶେଷତ୍ବ—କ୍ଷମତା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ନିଉକ୍ଲିୟସର ଇନ୍ଧନ—ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟସର ଇନ୍ଧନ—ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟସର ଇନ୍ଧନ—ପ୍ରଜନନ—ତାପସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ—ବିକିରଣ ରକ୍ଷଣ—

### ତୃତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ—58-80

ନିଉକ୍ଲିୟସର ଶିଆଳ୍ପର ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକତା ପଦାର୍ଥ—ଇନ୍ଧନ—ମଦକ ପ୍ରତିଫଳକ—ପରିରକ୍ଷକ ପଦାର୍ଥ—ତାପସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ଶୀତଳକ—ସଂରଚନାତ୍ମକ ପଦାର୍ଥ—ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟସର ଇନ୍ଧନ ଉତ୍ପାଦନ—ୟୁରାନିୟମ ଖନନ—ୟୁରାନିୟମ ସମୃଦ୍ଧି—ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟସର ଇନ୍ଧନ ଉତ୍ପାଦନ—ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ—239ର ଉତ୍ପାଦନ ଯୁରାନିୟମ—233ର ଉତ୍ପାଦନ—ଥୋରନିୟମ ଉତ୍ପାଦନ—ସ୍ବାସ୍ଥ୍ୟମାପୀ ଉପକରଣ—

## ଚତୁର୍ଥ ଅଧ୍ୟାୟ—81-117

ପାଣ୍ଡୁର ଶଆକ୍ଟର—ରୂପସୁକୁଳ ଶଆକ୍ଟର—ଭରଲଧାତୁ ଶୀତଳିତ  
 ଶଆକ୍ଟର—ପ୍ରାକୃତିକ ସୁବନ୍ଦସୁମ ଶ୍ରୀକଳ ଶଆକ୍ଟର—ଫଟନ୍ତା ଜଳ ଶଆକ୍ଟର (ତାରାସୁର  
 ଆଶବନ ପାଣ୍ଡୁର ପ୍ରୋକେଟ୍ଟ ଶଆକ୍ଟର)—ଗ୍ୟାସ ଶୀତଳିତ ଶଆକ୍ଟର—କୈବ ମନ୍ଦିତ  
 ଓ ଶୀତଳିତ ଶଆକ୍ଟର—ଫାବ, ଶଆକ୍ଟର—ପାଣ୍ଡୁର ପ୍ଲାଷ୍ଟ ଓ ତାର ଉପଯୋଗ—  
 ବୃତ୍ତାକାହାଜ ଚଳାଚଳ ନିମିତ୍ତ—ସ୍ଥଳ ପଥରେ ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ—ରକେଟ ଗୁଳନା  
 ବ୍ୟୋମଯାନ ନିମିତ୍ତ—ନିଉକ୍ଲିୟାର ରାମନେଟ—ନିଉକ୍ଲିୟାର ଟରବୋ କେଟ—ଜଳକୁ  
 ଲବଣମୁକ୍ତ କରିବା ନିମିତ୍ତ—ଡେକ୍ଟ୍ରୋଲିସ୍ ଅଦରକାଶ ପଦାର୍ଥର ରକ୍ଷଣାବେକ୍ଷଣ ।

## ପଞ୍ଚମ ଅଧ୍ୟାୟ—118-152

ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର—ପରମାଣୁ ବୋମା—ଘନନ, ଡିଜାଇନ—ନିଉକ୍ଲିୟାର  
 ସଂଯୋଜନ ଓ ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା—ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା ଡିଜାଇନ—ଲେଜର ଟ୍ରୀଗର  
 ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା—ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ସଂଯୋଜନ ପଦ୍ଧତି—ଲେଜରଦ୍ୱାରା ନିଉକ୍ଲିୟାର ସଂଯୋଜନ  
 ଲେଜର ପରିଚାଳିତ ସଂଯୋଜନ ପାଣ୍ଡୁର ପ୍ଲାଷ୍ଟ—ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାଠାରୁ ବଳଶାଳୀ  
 ବୋମା—ସି ପ୍ରକ୍ରିୟା ବୋମା—କୋବାଲଟ ବୋମା—ହୃଦ୍‌ସ୍ପିନ୍‌ମା—ନାଗାସାକି ସହର ଓ  
 ପରମାଣୁ ବୋମା—ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣର ପ୍ରଭାବ—ପରମାଣୁ ଯୁଦ୍ଧ ।

## ଷଷ୍ଠ ଅଧ୍ୟାୟ--153-179

ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ—ଡେକ୍ଟ୍ରୋଲିସ୍ ଆଇସୋଟୋପ  
 ଓ ଏହାର ଉପଯୋଗ । ଶିଳ୍ପ କ୍ଷେତ୍ରରେ—ପ୍ରାକୃତିକ ତୈଳ ସନ୍ଧାନ ନିମିତ୍ତ—ତୈଳ  
 ନଳରେ ପ୍ରବାହ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ—ତୈଳଶିଳ୍ପରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ପ୍ରୟୋଗ—ଲୌହ ଶିଳ୍ପରେ  
 ପ୍ରୟୋଗ ହୁଅନ୍ତି ନିର୍ଦ୍ଦୋଷ—ମୋଟେଇ ମାପ—ରକ୍ଷା କାହ୍ନର କ୍ଷୟ ନିରୂପଣ—ଘର୍ଷଣ  
 ଅନୁଧ୍ୟାନ—ଭରଲପଦାର୍ଥର ସ୍ତର ସୂଚକ—ରସ୍ତାନିର୍ମାଣ (ମୃତ୍ତିକାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଆଦ୍ରତା  
 ନିର୍ଣ୍ଣୟ)—ଭୂଗର୍ଭରେ ହିଟ୍‌ନିର୍ଣ୍ଣୟ—ରସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକର ସଫଳ ଯୁଗ—

କୃଷି:—ରସାୟନିକ ସାର ବ୍ୟବହାର—ଫସଲର—32,—ଅନ୍ଧାର ଆତ୍ମୀକରଣ  
 N-15 ଆଇସୋଟୋପର ବ୍ୟବହାର—ବନବିଜ୍ଞାନ—ଆଇସୋଟୋପ ଓ ନଦୀବନ୍ଧ

ଯୋଜନା—C-14 ଆଇସୋଟୋପ--ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥ ଗୁଡ଼ିକର ଜୀବାଣୁ ନାଶନ-ଜୀବ ନାଶନ ଓ ଆଇସୋଟୋପ--ଜୀବ ବିଜ୍ଞାନ—

ଚକିତ୍ରାବିଜ୍ଞାନ—Na 24 (ରକ୍ତ ସଂଚାଳନ ପଦ୍ଧତି)—ରକ୍ତ ନଳୀର ସଂକର୍ଷଣ, I-131ର ବ୍ୟବହାର--ମସ୍ତିଷ୍କ ଅବସ୍ଥା ସ୍ଥାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ--ଆଇର-୧୯୨ର ରେଡ଼ିଏସନ୍ ନିୟମ ଓ ତାର ଚକିତ୍ରା-ଶକ୍ତିର ରକ୍ତର ଆୟତ୍ତନ ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ—

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ—ଉଚ୍ଚ ଭୋଲଟେଜ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ—  
ନିମ୍ନ ଭୋଲଟେଜ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ—ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶ୍ରେଣୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟାର  
ବ୍ୟାଟେରୀ—ଗ୍ୟାସ୍ ଆୟତ୍ତନରଣ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ—ପ୍ରସ୍ତୁତ ଆଲୋକକୋଷ  
ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ ।

### ସପ୍ତମ ଅଧ୍ୟାୟ—180—244

ଭାରତ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡୁର—ପୃଥିବୀର ଅନ୍ୟ ଦେଶ ତୁଳନାରେ  
ଭାରତର ସ୍ଥାନ—ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡୁର ଓ ଭାରତର ପଡ଼ୋଶୀରାଜ୍ୟମାନଙ୍କର  
ପ୍ରଗତି—ସମ୍ପୃକ୍ତ ସୁରକ୍ଷିତ ଉତ୍ପାଦନରେ ପ୍ରତିଯୋଗିତା—ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର  
ପାଣ୍ଡୁରର ଆବଶ୍ୟକତା କାହିଁକି?—ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡୁର ଉତ୍ପାଦନ ନିମନ୍ତେ ପରିଚଳନା  
ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡୁର ପ୍ରାଣ--ତାପସ୍ତର, ରାଜସ୍ଥାନ, ମାଡ୍ରାସ, ନାଗାଲାଣ୍ଡ--ବେଙ୍ଗାଳୀ  
ପାଇଁ ରଥାକ୍ଷର—(APASARA CIRUS; ZERLINA, PURNIMA)  
ଭାରତର ଅବିକଳ ଶକ୍ତି ସଂସ୍ଥା—ନିଉକ୍ଲିୟାର କରନ ସଂସ୍ଥା, ହାଇଡ୍ରୋବାଦ—ଆବିଷ୍କାର  
ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ ଓ କରନ ସମୂହ—ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡୁରର ଭବିଷ୍ୟତ—  
ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡୁର ଚାଲିବ କୃଷି ଭିତ୍ତିକ ଶିଳ୍ପ ସମୂହ (ବୁଦ୍ଧ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଓ ସୌନ୍ଦର୍ଯ୍ୟ  
ନାଟ୍ୟୋପାଦ୍ୟ ଅଞ୍ଚଳ), ଶାନ୍ତି ପାଇଁ ବୋମା ତିଆରି—

ପରିଶିଷ୍ଟ—I ମୌଳିକ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ତାଲିକା

ପରିଶିଷ୍ଟ—II ଶକ୍ତି ଏକକର ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ ସାରଣୀ

ପରିଶିଷ୍ଟ—III ପୃଥିବୀର କେତେକ ପାଣ୍ଡୁର ଗ୍ୟାଲ୍‌ର



## ଶୁଦ୍ଧିପତ୍ର

ପୃଷ୍ଠା	ଧାତୁ	ଅନୁ	ହେବ
୧	ତଳୁ ଦ୍ଵି ଗାୟ	ବସ୍ତୁତ୍ଵ	ଓଜନ
୩୭	ଉପରୁ ପ୍ରଥମ	ନିଉଧନ	ନିଉଧନ
୩୭	ଉପରୁ ୧ମ	ଗାୟଧୀରଓ	ଗାୟ ଓ ଧୀର
୩୯	ଉପରୁ ୧୩	Pn <sup>239</sup>	Pu <sup>239</sup>
୪୫	ଉପରୁ ୮	ଜାଗରଣ	ଜାଗରଣ
୭୭	ଉପରୁ ୧୫	ରୁଗିଗୋଟି	ପାଞ୍ଚଗୋଟି
୯୭	ତଳୁ ୨	ପ୍ରଜନନ	ପ୍ରଜନନ
୯୭	ଉପରୁ ୧୪, ୧୫		C.R. କମ୍ପା B.R. =

ପ୍ରାୟ ହୋଇଥିବା ବିଭିନ୍ନାୟ ନିଉକ୍ଲିୟସଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା

ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିବା ବିଭିନ୍ନାୟ ନିଉକ୍ଲିୟସଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା

୯୮	ତଳୁ ୫	n-238	u-238
୧୯	ଉପରୁ ୯	$B.R. = \frac{v-1-\epsilon-A-L+F(v'-1)}{1+\epsilon}$	

୧୪୭	ଉପରୁ ୩	ଗଳିଗୁଡ଼ିକ ଏକ	ଗଳିଗୁଡ଼ିକ
୧୪୭	ଉପରୁ ୮	ଏହାଦ୍ଵାରା	ଏହାଦ୍ଵାରା
୧୪୯	ତଳୁ ୫	42	U2

୧୫୦	ତଳୁ ୧୦	Polaris Missiles	
୧୫୦	ତଳୁ ୩	Continental Ballistic Missile	

୧୫୫	ଶେଷ	ଅବାହନ	ଅବାହନ
୧୫୭	ତଳୁ ୧୨	କାମ	କମ୍
୧୫୮	ଉପରୁ ୩		Co <sup>60</sup>

୧୭୫	ତଳୁ ୧୩	ଯରି	ଯଦି
୧୯୭	ଉପରୁ ୮	Meymaid	Mermaid

୨୦୮	ଉପରୁ ୧୧	ଉଦ୍‌ଘ୍ନ	ଉଦ୍‌ଘ୍ନ
୨୧୧	ତଳୁ ୧୧	ଜରଲିନ	ଜରଲିନ

୨୧୫	ତଳୁ ୨	ପ୍ରଜନନ	ପ୍ରଜନନ
		ପ୍ରକୃତରେ	ପ୍ରକୃତରେ
୨୨୭	ଉପରୁ ୭	Full	Fuel

## ପଦାର୍ଥ ଓ ଶକ୍ତିର ନୂତନ ଧାରଣା

(A new concept of matter and energy)

ଆପେକ୍ଷିକ ତତ୍ତ୍ୱର ଆବିର୍ଭାବ ପୂର୍ବରୁ ମୁଖ୍ୟତଃ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ଦୁଇଗୋଟି ନିୟମ ବଳବତ୍ତର ଥିଲା । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା ଶକ୍ତିର ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଓ ବସ୍ତୁର ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଏବଂ ଉଭୟ ପରସ୍ପରଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ । ଏହି ଶତାବ୍ଦୀର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆଇନଷ୍ଟାଇନ ମତ ଦେଲେ ଯେ “ବସ୍ତୁ ହେଉଛି ଶକ୍ତି ଓ ଶକ୍ତିର ବସ୍ତୁ ଅଛି (Mass is potential energy and energy has mass)” । କୌଣସି ବସ୍ତୁରେ ତାର ବସ୍ତୁ ଓ ଶକ୍ତିର ସମଷ୍ଟି ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁ ଓ ଶକ୍ତି ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇପାରିବେ ।

ଆଇନଷ୍ଟାଇନଙ୍କ ନିୟମ  $E=mc^2$  ରେ  $E$ , ଶକ୍ତି,  $M$  ବସ୍ତୁ ଓ  $c$  ଆଲୋକର ପରିବେଗ ଅଟେ । ଯଦି ବସ୍ତୁ ଓ ଶକ୍ତି ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଅନ୍ତି ତେବେ କାହାରି ପରିମାଣ ସମାନ ରହେ ନାହିଁ । ରୂପାନ୍ତରିତ ହେବା ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିକର ଯାହା କ୍ଷୟ ଘଟେ ଅନ୍ୟଟିରେ ତତ୍ତ୍ୱିନ୍ତୁ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ବସ୍ତୁର ଯାହା କ୍ଷୟ ହୁଏ ତାହା ଶକ୍ତିରେ ଆବର୍ତ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ଶକ୍ତିରେ ଯାହା କ୍ଷୟ ହୁଏ ତାହା ବସ୍ତୁରେ ବିକଶିତ ହୁଏ । ଏହାକୁ ବସ୍ତୁ-ଶକ୍ତିର ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ କହନ୍ତି । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁ ଏହାର ପରିବେଗ (Velocity) ସହ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଏବଂ ଯେତେବେଳେ ଏହାର ପରିବେଗ ଆଲୋକର ପରିବେଗ ସହ ସମାନ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ଏହାର ବସ୍ତୁ ଅସୀମ ହୋଇଥାଏ ।

କିନ୍ତୁ ଏହାକୁ ଧାରଣା କରିବା କଠିନ । ଏହାକୁ ବର୍ତ୍ତା ପୂର୍ବରୁ ‘ବସ୍ତୁ’ ଶବ୍ଦର ଅର୍ଥ ପରିଷ୍କାରଣ କରାଯାଇ ଆବଶ୍ୟକ । ଯାହାର ଶକ୍ତି ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁ ଓଜନଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ଥାଏ । ବସ୍ତୁ ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳର ପ୍ରଭାବ ବସ୍ତୁର ଓଜନକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରିଥାଏ । କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁ ପୃଥିବୀ ଅପେକ୍ଷା ଚନ୍ଦ୍ର ପୃଷ୍ଠରେ କମ୍ । କାରଣ ଚନ୍ଦ୍ରର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ପୃଥିବୀ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ।

ବସ୍ତୁତ୍ବର ଏକକ ହେଉଛି ଗ୍ରାମ୍ । ଏକ କିଲୋଗ୍ରାମ୍, ଗ୍ରାମ୍‌ର ଏକ ହଜାର ଗୁଣ । ସେହପରି ଶକ୍ତି ମାପିବାର ଏକ ଏକକ ହେଉଛି କ୍ୟାଲୋରୀ । ଏକଗ୍ରାମ୍ ଜଳର ଉଷ୍ମତାକୁ ଏକଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ବଢ଼ାଇବା ପାଇଁ ଯେଉଁ ଉତ୍ତପ ଦରକାର ହୁଏ, ତାହା ହେଉଛି ଏକ କ୍ୟାଲୋରୀ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ଓ.ପ୍.ଟିରେ ମପାଯାଇଥାଏ । ଏହା ଏକ କ୍ୟାଲୋରୀର ୦.୨୫ ଭାଗ । ଏକ କିଲୋଓ.ପ୍.ଟି ଓ.ପ୍.ଟିର ଏକ ହଜାର ଗୁଣ ।

ଶକ୍ତିର ଗୋଟିଏ ଛୁଦ୍ର ଏକକ ହେଉଛି “ଅର୍ଗ୍” (Erg) (ଗୋଟିଏ ମଶାକୁ ତଳୁ ପ୍ରାୟ ଅଧଇଞ୍ଚ ଉପରକୁ ଉଠାଇବାକୁ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ତାହା ଏକ ଅର୍ଗ୍) ଏକ ଓ.ପ୍.ଟି 10,000,000 ଅର୍ଗ୍ ସହ ସମାନ । ତେଣୁ ଏକ କ୍ୟାଲୋରୀ 40,000,000 ଅର୍ଗ୍ ସହ ସମାନ ।

ପରମାଣୁ କଣିକାର ଗତିଜ ଶକ୍ତି କଲେକ୍ଟର୍‌ନ୍ ଷ୍ଟୋଲ୍‌ଟ୍‌ରେ ମଧ୍ୟ ମପାଯାଇ ପାରେ । ଏକକ ଷ୍ଟୋଲ୍‌ଟ୍ ବିଶିଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେପ ମଧ୍ୟରେ କଲେକ୍ଟର୍‌ନ୍ ଚୁକ୍ତିବିଧିତ ହେଲେ ଯାହା ଶକ୍ତି ଆହରଣ କରେ ତାହାହିଁ ହେଉଛି ଏକ କଲେକ୍ଟର୍‌ନ୍ ଷ୍ଟୋଲ୍‌ଟ୍ । ଏକ ମିଲିୟନ କଲେକ୍ଟର୍‌ନ୍ ଷ୍ଟୋଲ୍‌ଟ୍ (Mev) I-6 ମାଇକ୍ରୋ ଅର୍ଗ୍ ସହ ସମାନ ଏବଂ ଏକ ମାଇକ୍ରୋ ଅର୍ଗ୍ ଏକ ଅର୍ଗ୍‌ର ଏକ ନିୟୁତ ଭାଗର ଏକ ଭାଗ ।

ବସ୍ତୁତ୍ବର ଏକକ ଶକ୍ତିର ଏକକ ଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ରୂପାନ୍ତର କିପରି ସଂଘଟିତ ହେଉଛି ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ସମୀକରଣ  $E = mc^2$  ବିଭିନ୍ନକୁ ନିଆଯାଇ, ଏଠାରେ  $E$ , ଅର୍ଗ୍ ଏକକ ଦ୍ଵାରା ମାପ କରାଯାଇଥିବା ଶକ୍ତି ।

$m$ , ଗ୍ରାମ୍ ଏକକ ଦ୍ଵାରା ମାପ କରାଯାଇଥିବା ବସ୍ତୁତ୍ବ

$c$ , ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ ସେଣ୍ଟିମିଟର

ଦ୍ଵାରା ମାପ କରାଯାଇଥିବା ଆଲୋକର

ପରିବେଗ ।

ସୂର୍ଯ୍ୟରେ ସତ୍ୟାସତ୍ୟା ଉଦଜାନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ହିଲିୟମ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି  $3.78 \times 10^{23}$  ଅର୍ଗ୍ ତାପ ନିର୍ଗତ ହୁଏ । ଏହାଦ୍ଵାରା ସୂର୍ଯ୍ୟର ବସ୍ତୁତ୍ବର ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ 5,000,000 ଟନ କ୍ଷୟ ହୋଇଥାଏ । ସୌରଶକ୍ତିର ଯନ୍ତ୍ରିକ୍ଷିତ ଅଂଶ ପୃଥିବୀରେ ପହଞ୍ଚିଥାଏ ତାହା ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ଏବଂ ଏହାଦ୍ଵାରା ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ବରେ ପ୍ରତିସେକଣ୍ଡ 150 ଟନ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ଆଠ ହଜାର ନିୟୁତ ବର୍ଷ ହେଲେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ପ୍ରକାର ପ୍ରକ୍ରିୟା ଚାଲିଛି ଏବଂ ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁଦ୍ଧା

ସୂର୍ଯ୍ୟ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଉଦ୍‌ଜାଳର 1/10 ଅଂଶ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରିନାହିଁ । ଏଥିରୁ ସୂର୍ଯ୍ୟର ବିଶାଳ ବିକିରଣ ଶକ୍ତିର ସମ୍ୟକ୍ ଧାରଣା କରାଯାଏ ।

ପ୍ରକୃତିରେ ତେଜସ୍ବିୟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଆବିଷ୍କୃତ ହେବା ପରେ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଶାଳ ଶକ୍ତି ନିହିତ ଥିବା ଜଣା ପଡ଼ିଥିଲା । ରେଡ଼ିୟମ୍ ଗୋଟିଏ ସ୍ବୟଂ ବିଘଟନ ଘଟାଉଥିବା ତେଜସ୍ବିୟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ । ଏହା ମଧ୍ୟରେ ବିଶାଳ ଶକ୍ତି ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ଅଛି । ଗଣନାରୁ ଜଣାପଡ଼ିଛି ଯେ ଏକଗ୍ରାମ୍ ରେଡ଼ିୟମ୍‌ର ସ୍ବ-ବିଘଟନ ଘଟିଲେ ଏହା ଦ୍ବିଲୟମରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା 140 ଗ୍ରାମ୍ କ୍ୟାଲୋରୀ ତାପ ପ୍ରତି ଘଣ୍ଟାରେ ଦେଇଥାଏ । ରେଡ଼ିୟମ୍‌ର ହାରାହାରି ଜୀବନକାଳ 24,440 ବର୍ଷ । ଏଥିରୁ ଜଣାପଡ଼େ ଯେ ଏକଗ୍ରାମ୍ ରେଡ଼ିୟମ୍ ଅନ୍ୟ ଏକ ମୌଳିକବସ୍ତୁକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ ହେବାରେ 2,830,000,000 ଗ୍ରାମ୍ କ୍ୟାଲୋରୀ ତାପ ଦେଇଥାଏ । ଏକଗ୍ରାମ୍ କୋକଲର ଜାରଣ ଦ୍ବାରା ମିଳୁଥିବା ତାପର ଏହା ଦିନିଗହ ହଜାର ଗୁଣଠାରୁ ଅଧିକ ।

ଆଉ ଗୋଟିଏ ଉଦାହରଣ ନିଆଯାଉ । ଏକଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁ ରୂପାନ୍ତରିତ ହେଲେ 900,000,000,000,000,000,000 ଅର୍ଗ୍ଗ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହା 25 ନିୟୁତ କିଲୋୱାଟ୍-ଆର୍ଡ଼୍ବାର ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ସହ ସମାନ । ଏହି ଶକ୍ତିରେ 100 ଓ଼୍ବାଟ୍‌ର 25 ନିୟୁତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଲ୍‌ବ୍ 10 ଘଣ୍ଟା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳିଯାରିବ ।

ତେଣୁ ବସ୍ତୁକୁ ଶକ୍ତିର ଏକ ଜମାଟ୍ ଅବସ୍ଥା ବୋଲି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇପାରେ । ଶକ୍ତିର ଏହି ଜମାଟ୍ ଅବସ୍ଥାରୁ କିପରି ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇପାରିବ ତାହା ହେଉଛି ବର୍ତ୍ତମାନର ସମସ୍ୟା । ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଜ୍ଞାନର ଅଗ୍ରଗତି ଦ୍ବାରା ବିଭିନ୍ନ ଉପାୟରେ ବସ୍ତୁରୁ ଶକ୍ତି କିପରି ନିର୍ଗତ ହୋଇପାରିବ ତାର ମଧ୍ୟ ଅଗ୍ରଗତି ହୋଇଛି । ବସ୍ତୁରୁ ଶକ୍ତିର ରୂପାନ୍ତର ହେଉଥିବା ବିଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତିଗୁଡ଼ିକ ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ ଆମେ ପ୍ରଥମେ ବସ୍ତୁର ଗଠନ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

## ବସ୍ତୁର ସଂରଚନା (Structure of matter)

ବସ୍ତୁ ସାଧାରଣତଃ ତିନୋଟି ଅବସ୍ଥାରେ ରହିପାରେ—କଠିନାବସ୍ଥା, ତରଳାବସ୍ଥା ଓ ଗ୍ୟାସୀୟାବସ୍ଥା । କିନ୍ତୁ ଏହି ବ୍ୟବଧାନ କେବଳ ବାହ୍ୟିକ, କାରଣ ପଦାର୍ଥ ଏକ ଅବସ୍ଥାରୁ ଅନ୍ୟ ଅବସ୍ଥାକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇପାରେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ୍ ପଦାର୍ଥ ଗୋଟିଏ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ବା ଦୁଇ ବା ତତୋଽଧିକ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ସମ୍ମିଶ୍ରଣରେ ଗଠିତ । ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ସ୍ବତନ୍ତ୍ରତମ ଏକକକୁ ପରମାଣୁ କୁହାଯାଏ । ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ନାମାନୁସାରେ ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ନାମିତ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପୃଷ୍ଠା 105 ମୌଲିକ ବସ୍ତୁ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଛି ଏବଂ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ 92 ଗୋଟି ପ୍ରାକୃତିକ ଏବଂ ଅନ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ମାନବକୃତ । ସବୁଠାରୁ ହାଲୁକା ପରମାଣୁ ହେଲା ଉତ୍କଳାନ ଓ ସବୁଠାରୁ ଭାରୀ ପ୍ଲୁଟନିୟମ । କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ମୌଲିକ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ ବହୁତ ଭାଗ ପରମାଣୁ ଅଛନ୍ତି । ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଟ୍ରାନ୍ସ-ପ୍ଲୁଟନିୟମ ମୌଲିକବସ୍ତୁ କହନ୍ତି ।

ଉତ୍କଳାନ ସବୁଠାରୁ ହାଲୁକା ପରମାଣୁ । କିନ୍ତୁ ଏହି ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ଯେ କେତେ ବଡ଼ ଏହି ଉତ୍କଳାନରୁ ସହଜରେ ଅନୁମେୟ । ସ୍ଥୂଳତଃ ଆମର ଆକାର ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ଆକାରର ପ୍ରାୟ 10 ହଜାର ନିୟୁତ ଗୁଣ ଏବଂ ସୌରମଣ୍ଡଳ ଆମ ଆକାରର ପ୍ରାୟ 10 ନିୟୁତ, ନିୟୁତ ଗୁଣ । ପରମାଣୁ ଆକାର ବିଷୟରେ ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାର ମଧ୍ୟ ଧାରଣା କରାଯାଇପାରେ । ଯଦି କେବଳ ଉତ୍କଳାନ ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ଏକ ସରଳ ରେଖାରେ ସଜାଯାଆନ୍ତି ତେବେ ଏକ ଇଞ୍ଚ ଲମ୍ବ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଧାଡ଼ିରେ 250 ହଜାର ନିୟୁତ ପରମାଣୁ ରହିପାରିବେ ।

ପରମାଣୁର ଓଜନ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ । ଜଣେ ମନୁଷ୍ୟ ଗୋଟିଏ କାରବନ ପରମାଣୁ ଓଜନର 30, ହଜାର ନିୟୁତ ନିୟୁତ ନିୟୁତ ନିୟୁତ ଗୁଣ ଭାରି । ଅର୍ଥାତ୍ 3ରେ 28ଟି ଶୂନ୍ୟ ଗୁଣ ଭାରି । ସେହିପରି ସୌରମଣ୍ଡଳ ମନୁଷ୍ୟଠାରୁ 30 ହଜାର ନିୟୁତ ନିୟୁତ ନିୟୁତ ନିୟୁତ ଗୁଣ ଭାରି ।

ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉକ୍ଲିୟସ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ ଚାର୍ଜପାତ୍ରରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ କଣିକା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଘୂରି ଚାଲନ୍ତି ଏବଂ ପରମାଣୁଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣରୂପେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ । ନିଉକ୍ଲିୟସଗୁଡ଼ିକର ଗଠନ ମଧ୍ୟ ବଡ଼ ଜଟିଳ । ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ପ୍ରାଥମିକ କଣିକା ଥାନ୍ତି । ସେମାନେ ହେଲେ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ । ଉଭୟଙ୍କ ନିଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ପ୍ରାଥମିକ କଣିକାର ଲକ୍ଷଣ ଏହାର ବିରାମ ବସ୍ତୁତ୍ବ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ହୀନ ଚାର୍ଜରୁ ଜଣାଯାଇଥାଏ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବିରାମ ବସ୍ତୁତ୍ବ  $m_e = 9.1 \times 10^{-28}$  ଗ୍ରାମ୍ ଏବଂ ଏହାର ଚାର୍ଜ  $-4.803 \times 10^{-10}$  e. s. u. ପ୍ରୋଟନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ବ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ବର 1840 ଗୁଣ ଭାରି । ଯଦି ନିଉକ୍ଲିୟସ ଆକାରକୁ ବଢ଼ାଇ ଗୋଟିଏ ହିଲେଟ ବଲ୍‌ପରି କରାଯାଏ ତେବେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଅଧମାଈଲ ଦୂରରେ ରହିବେ । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟର ଅଧିକାଂଶ ଭାଗ ଶୂନ୍ୟତାରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ।

ଅନ୍ୟ କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ବ ଆଟମିକ୍ ମାସ ସ୍ଥାନିକ amu ଦ୍ବାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ସଞ୍ଜାନୁସାରେ 16ଟି ନିଉକ୍ଲିୟସ ଥିବା ଅମ୍ଳଜାନ ପରମାଣୁ ବସ୍ତୁତ୍ବର 1/16 ଅଂଶ ହେଉଛି amu. ତେଣୁ  $amu = 1.66 \times 10^{-24}$  ଗ୍ରାମ ।

ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟ ସମାନ ।  $m_p \approx 1837 m_e \approx 1.00758 \text{ amu}$  । ପ୍ରୋଟନ୍ ଉତ୍ତମାନ୍ତ ପରମାଣୁର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ସହ ସମାନ ଏବଂ ଏହାର ଗୋଟିଏ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଥାଏ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ର ଗୋଟିଏ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଥାଏ ।

ନିଉଟ୍ରନ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟ  $1.00893 \text{ amu}$  । ଏହା ଏକ ଚାର୍ଜ ବିହୀନ କଣିକା । ନିଉଟ୍ରନ୍କୁ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ର ସମ୍ମିଶ୍ରଣ କୁହାଯାଇପାରେ । ଯଦି ନିଉଟ୍ରନ୍ରୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବାଦ ଦିଆଯାଏ ତେବେ ଏହା ପ୍ରୋଟନ୍ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ସେହିପରି ପ୍ରୋଟନ୍ରୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବାଦ ଦେଲେ ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।

ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଅଧିକାଂଶ ସ୍ଥାନ ଶୂନ୍ୟତାରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ  $1.5 \times 10^{-13} \text{ m}$  ଏବଂ ସେ.ମି. । ଏଠାରେ  $A$ , ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟନ୍ର ସଂଖ୍ୟା ବୁଝାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ  $u-238$ ରେ  $238$ ଟି ନିଉକ୍ଲିୟନ୍ ଥାଏ । ସେମାନଙ୍କର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଓ ଆୟତନ ଯଥାକ୍ରମେ  $R = 1.5 \times \sqrt[3]{238} \times 10^{-13} = 0.93 \times 10^{-12} \text{ ସେ. ମି.}$   
 $V = 3.4 \times 10^{-36} \text{ (ସେ. ମି.)}^3$

ନିଉକ୍ଲିୟନ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟତଃ ଏକ  $\text{amu}$  ସହ ସମାନ  $\approx 1.66 \times 10^{-24} \text{ ଗ୍ରାମ}$  ।

$$\begin{aligned} \text{ସୂଚକ}^{\circ} \text{ ମୁଣ୍ଡନିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ} &= 238 \times 1.66 \times 10^{-24} \\ &= 395 \times 10^{-24} \text{ ଗ୍ରାମ୍} \end{aligned}$$

ଏହାକୁ ଆୟତନ ଦ୍ୱାରା ଭାଗ କଲେ, ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଜଣାପଡ଼େ ।

$$\therefore \text{ସାନ୍ଦ୍ରତା} = \frac{395 \times 10^{-24}}{3.4 \times 10^{-36}} = 1.16 \times 10^{14} \text{ ଗ୍ରାମ୍ (ସେ.ମି.)}^3$$

ଅନ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ମଧ୍ୟ ଅନୁରୂପ । ଯଦି ଏକ ଘନ ସେ.ମି. ସ୍ଥାନକୁ ପରମାଣୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଏ ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ସମୁଦ୍ର ଓଜନ  $116,000,000$ ଟନ୍ ହେବ । ପ୍ରାକୃତିକ ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏହାଠାରୁ ହଜାର ନିୟୁତ ଗୁଣ କମ୍ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁଦ୍ଧା ଜଣାଥିବା ସବୁଠାରୁ ସାନ୍ଦ୍ର ପଦାର୍ଥ ଅପ୍ଟିମିୟମ୍ର ସାନ୍ଦ୍ରତା  $24.5 \text{ ଗ୍ରାମ୍/ସେ.ମି.}^3$  । ସାଧାରଣ ପ୍ରାକୃତିକ ବସ୍ତୁ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ର ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଯଥେଷ୍ଟ ତାରତମ୍ୟ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ, କାରଣ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପରମାଣୁର ଖୁବ୍ କମ୍ ସ୍ଥାନ ଗ୍ରହଣ କରୁଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟସର ଗୁର୍ତ୍ତ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି ସଂଖ୍ୟାକୁ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ (Atomic Number) କହନ୍ତି ଏବଂ ଇଂରାଜୀ ଗତ  $Z$  ଦ୍ୱାରା ଏହା ସୂଚିତ ହୁଏ । ପିରିୟଡିକ ଟେବୁଲରେ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ସାଧାରଣ ସଂଖ୍ୟା ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କର ଅନୁରୂପ । ସୁତରାଂ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ  $Z$  ଉତ୍କଳାନ ପାଇଁ 1, ହିଲିୟମ୍ ପାଇଁ 2, ଲିଥିୟମ୍ ପାଇଁ 3, ବେରିଲିୟମ୍ ପାଇଁ 4, ବୋରନ ପାଇଁ 5, କାରବନ ପାଇଁ 6 ଏବଂ ମ୍ୟୁରନିୟମ ପାଇଁ 92 ଅଟେ । ଉଚ୍ଚତର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ବର୍ଗିଷ୍ଟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ( $Z = 93$  ରୁ 105) କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ପୁରୁଷୋତ୍ତମର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 94 ଏବଂ ଏହାର ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟର ଶିଳ୍ପରେ ଯଥେଷ୍ଟ । ପରମାଣୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାର ସମଷ୍ଟିକୁ ଯେହୁ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା (Mass number) କହନ୍ତି ଏବଂ ଏହା ଇଂରାଜୀ ଗତ  $A$  ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ନିଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ସାଧାରଣତଃ  $N$  ଦ୍ୱାରା ପରିଚିତ । ଅତଏବ  $N = A - Z$  । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଲେଖାଗୁଡ଼ିକରେ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ସ୍ତରରେ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ଏବଂ ପରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଲେଖାଯାଏ ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ।

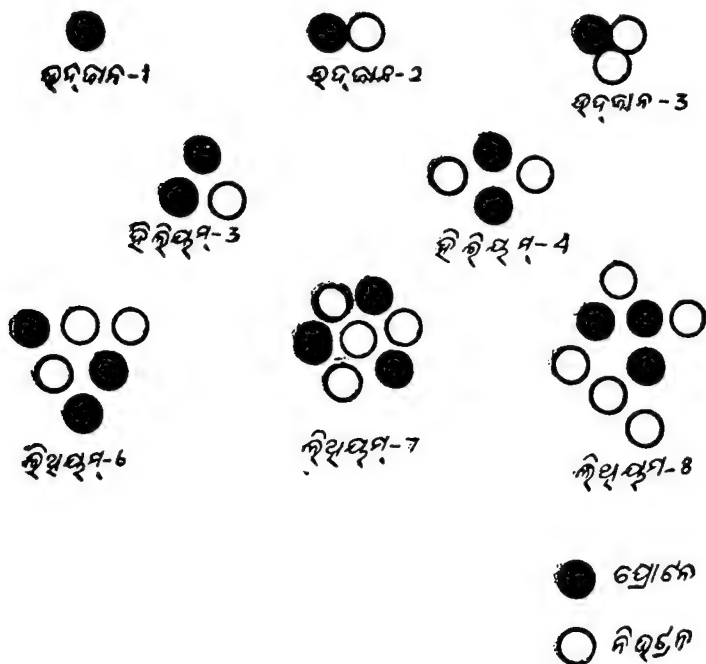
ଉତ୍କଳାନ  ${}_1\text{H}^1$

ଡୟୁଟେରିୟମ  ${}_1\text{H}^2$

ମ୍ୟୁରନିୟମ  ${}_{92}\text{U}^{238}$

ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ରସାୟନିକ ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକ ଏହାର ନିଉକ୍ଲିୟସ ତତ୍ତ୍ୱପାଇଁ କିଛି ପଥରେ ଘୃଷ୍ଣୀୟମାନ କଲେକ୍ଟିବ୍ ନମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି କଲେକ୍ଟିବ୍ ନମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ନିଉକ୍ଲିୟସମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ସହ ସମାନ । ଅତି କେତେଗୁଡ଼ିଏ ପରମାଣୁ ଅଛନ୍ତି ଯେଉଁମାନଙ୍କର ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ସମସଂଖ୍ୟିକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଥାନ୍ତି କିନ୍ତୁ ବିଭିନ୍ନ ସଂଖ୍ୟାର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥାନ୍ତି । ଏହି ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକର ରସାୟନିକ ଧର୍ମସବୁ ସମାନ, ଯେହେତୁ ଏମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ସମାନ । ଯେଉଁ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ପରମାଣୁକ୍ରମାଙ୍କ ସମାନ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଭିନ୍ନ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଆଇସୋଟୋପ (Isotope) କହନ୍ତି । ଆଇସୋଟୋପ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ସଙ୍କେତ (Symbol) ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ସଙ୍କେତର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱରେ ଲେଖାଯାଏ । ବେଳେ ବେଳେ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ସଂକେତର ଅଧୋଭାଗରେ ଲେଖାଯାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଉତ୍କଳାନ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନରୂପେ ବ୍ୟକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଭାଗ

ଉଦାହରଣ ବା ତତ୍ତ୍ୱୋପସ୍ଥାପନ  ${}_1\text{H}^2$ ; ତ୍ରିଟିୟମ  ${}_1\text{H}^3$  । ସେହିପରି ଲିଥିୟମ ଆଇସୋଟୋପ ଗୁଡ଼ିକ  ${}_3\text{Li}^6$ ,  ${}_3\text{Li}^7$  ଏବଂ  ${}_3\text{Li}^8$  ଦ୍ୱାରା ପୂରିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।  ${}_3\text{Li}^7$ ର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ୭ଟି ନିଉକ୍ଲିୟନ୍ ଅଛି ଏବଂ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ୩ଟି ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ ୪ଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ।



(ଚିତ୍ର-୧)

କେତେଗୁଡ଼ିଏ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଅଛନ୍ତି ଯେଉଁମାନଙ୍କର ଏକମାତ୍ର ଆଇସୋଟୋପ ଥାଏ । ଯଥା  $\text{F}^{19}$  ଓ  $\text{Na}^{23}$  । ଅଧିକାଂଶ ମୌଳିକବସ୍ତୁର ଏକାଧିକ ଆଇସୋଟୋପ ଥାଏ ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ  ${}_1\text{H}^1$  ଶତକଡ଼ା ୯୯.୯୮୫ ଭାଗଥାଏ ଏବଂ ଭାଗ ଭାଗ ଉଦାହରଣ  ${}_1\text{H}^2$  ଶତକଡ଼ା ୦.୦୧୫ ଭାଗଥାଏ । ସୁବିଶିଷ୍ଟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଶିଳ୍ପର ଅତି ଆବଶ୍ୟକୀୟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ । ଏହାର ସାଧାରଣତଃ ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ ଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଯଥାକ୍ରମେ ହେଲେ ୨୩୪, ୨୩୫ ଓ ୨୩୮ । ପ୍ରାକୃତିକ ସୁବିଶିଷ୍ଟରେ କେଉଁ ଆଇସୋଟୋପ କେଉଁ ଅନୁପାତରେ ଥାଏ ତାହା ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।



## ସାରଣୀ-1

ଆଇସୋଟୋପ	ଶତକଡ଼ା ଭାଗ
$u^{234}$	0.006
$u^{235}$	0.712
$u^{238}$	99.282

ଆଇସୋଟୋପ  $u^{238}$ ର ପରିମାଣ ସର୍ବାଧିକ ଅଟେ କିନ୍ତୁ  $u^{234}$ ର ପରିମାଣ ନଗଣ୍ୟ ।  $u^{235}$  ଓ  $u^{238}$  ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶିଳ୍ପରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏତଦ୍-ବ୍ୟତୀତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶିଳ୍ପରେ ଥୋରିୟମ୍ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାର ପରିମାଣ ହେଉଛି 90 ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 232.

## ତେଜସ୍କ୍ରିୟତାର ନିୟମାବଳୀ

(Principle of Radioactivity)

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ସ୍ୱାଭାବିକ ବିଘଟନ (Spontaneous Disintegration) ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ନାମରେ ଅଭିହିତ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ତାପ, ରୂପ ବା ଅନ୍ୟ କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ସୀସା ଧାତୁ (Lead)ର ପରିମାଣ ହେଉଛି 82 । ପିବିଏଡିଏଲ୍ ଟେବୁଲ୍ରେ ସୀସା ଉପରକୁ ଯେତେବେଳେ ମୌଳିକବସ୍ତୁ ଅଛନ୍ତି ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଅନେକଙ୍କର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଧର୍ମିଆ ।

ଆଲଫା ( $\alpha$ ), ବିଟା ( $\beta$ ), ଗାମା ( $\gamma$ ) ଏହି ତିନି ପ୍ରକାର ରଶ୍ମି ମଧ୍ୟରୁ ଏକ ବା ଏକାଧିକ ରଶ୍ମି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

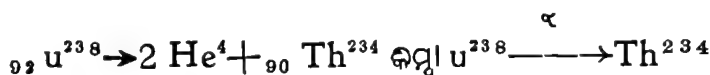
**ଆଲଫା ରଶ୍ମି ( $\alpha$ -ray) :**—ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ଏହି ରଶ୍ମି ବିକ୍ଷେପିତ (Deflected) ହୋଇଥାଏ । ଏହି କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ରୁର୍ଜ ଶୈଷ୍ଟ । ହିଲ୍‌ସମ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ଦୁଇଟି ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅତି ନିଗୁଡ଼ିତ୍ୱେ ବାହାରି ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି  $\alpha$ -କଣିକା ଗୋଟିଏ ହିଲ୍‌ସମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମାତ୍ର । ଗାମା

ଆୟନୀକରଣ (Ionisation)ରେ ଏମାନେ ସାହାଯ୍ୟ କରନ୍ତି ଏବଂ ପଦାର୍ଥଦ୍ୱାରା ଅତି ସହଜରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

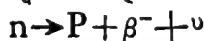
**ବିଟା ରଶ୍ମି ( $\beta$  ray) :**— ଏହି ରଶ୍ମି ଗୁଡ଼ିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ବିକ୍ଷେପିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି  $\beta$ -କଣିକା ବିୟୁତାତ୍ମକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବହନ କରନ୍ତି । ଏଗୁଡ଼ିକୁ ଅତି ପରିବେଗଯୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ (High velocity electron) ମଧ୍ୟ କହନ୍ତି । ଏମାନଙ୍କ ପ୍ରବେଶ କ୍ଷମତା  $\alpha$ -କଣିକା ଅପେକ୍ଷା 100 ଗୁଣ ଅଧିକ ।

**ଗାମା ରଶ୍ମି ( $\gamma$ -ray) :**— ଏହି ରଶ୍ମି ଗୁଡ଼ିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୋଇ ନ ଥାନ୍ତି । ଏହି ରଶ୍ମି ଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ ରଞ୍ଜନ ରଶ୍ମି ଧର୍ମ ସହଜ ଭୂଲମ୍ବୀ । କିନ୍ତୁ ଏମାନଙ୍କର ପ୍ରବେଶ କ୍ଷମତା ରଞ୍ଜନ ରଶ୍ମି ଅପେକ୍ଷା ଡେଇଁ ଗୁଣରେ ଅଧିକ । ଉତ୍ସର୍ଜିତ କଣିକା ଅନୁସାରେ ତେଜସ୍ବିୟ ପ୍ରକ୍ରିୟା ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ହୋଇଥାଏ ।

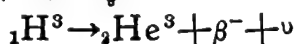
**ଆଲମ୍ବୀ ବିଘଟନ  $\alpha$ -Disintegration :**— ଏହି ବିଧିରେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରୁ ଗୋଟିଏ  $\alpha$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି  $\alpha$ -ଉତ୍ସର୍ଜନଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ନୂତନ ପରମାଣୁ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଓ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ, ମୂଳ ପରମାଣୁଠାରୁ ଯଥାକ୍ରମେ 4-ଏକକ ଓ 2 ଏକକ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ  ${}_{92}\text{U}^{238}$  ରୁ  $\alpha$  ବିଘଟନ ଦ୍ୱାରା  ${}_{90}\text{Th}^{234}$  ପ୍ରାପ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ନିମ୍ନ ସୂଚୀକୃତରେ ଏହା ହୋଇଥାଏ ।



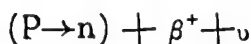
**ବିଟା ବିଘଟନ ( $\beta$ -disintegration) :**— ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ମଧ୍ୟରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅଧିକ ହେଲେ  $\beta$ -ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍, ପ୍ରୋଟନ୍‌ରେ ପରିଣତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଏହା ହୋଇଥାଏ ।  $\beta$ -ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଲେ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କରେ ଏକ ଏକକ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ସମାନ ରହେ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ଶକ୍ତି, କୋଣୀୟ ସଂବେଗ (Angular momentum) ପ୍ରଭୃତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିମିତ୍ତ ଆଉ ଏକ କଳ୍ପିତ କଣିକା ନିଉଟ୍ରିନୋ (Neutrino- $\nu$ ) ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନିଉଟ୍ରିନୋ Fermi Dirac ପରିସଂଖ୍ୟାନ ଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ । ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ ଅଟେ ।



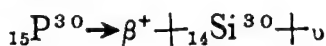
ତେଜସ୍ବିୟ ଉତ୍ପାଦନ ଆଇସୋଟୋପ୍  $\text{H}^3$  (Tritium) ଗୋଟିଏ  $\beta^-$  କଣିକା ହ୍ରାସ ହୁଏ ଓ ଉତ୍ପାଦନ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



$\beta^+$ , ବିଘଟନ ( $\beta^+$ , disintegration). — ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ପ୍ରୋଟନ୍ ଅଧିକ ହେଲେ ବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅଭାବ ଯିତଲେ ପ୍ରୋଟନ୍ ବା  $\beta^+$  ରଖି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୁଏ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରୋଟନ୍, ନିଉଟ୍ରନ୍ରେ ପରିଣତ ହେଲେ ଏହା ହୋଇଥାଏ ।  $\beta^+$  ଉତ୍ସର୍ଜନ ଦ୍ଵାରା ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ଏକ ଏକକ କମିଯାଏ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ଵ ସଂଖ୍ୟା ସମାନ ରହେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନୋର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ ।



ଫସ୍ଫରସ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍  $_{15}P^{30}$ ,  $\beta^+$  ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି ସିଲିକନ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍  $_{14}Si^{30}$ ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



ସମବୟସୀ ସଂକ୍ରମଣ (Isomeric transition) :— ଏଥିରେ ତେଜସ୍ଵୀୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିମ୍ନତମେ ହୋଇଥାଏ । ଯେତେବେଳେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମିଡ଼ସ୍ଟାବୁଲି (Metastable) ଉତ୍ସର୍ଜିତ ଅବସ୍ଥାରୁ ଗାମା ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି ବା ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଝିକା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ରୂପାନ୍ତର ଦ୍ଵାରା ମୂଳ ଅବସ୍ଥା (Ground state) କୁ ଫେରିଆସେ ସେତେବେଳେ ଏ ପକାର ତେଜସ୍ଵୀୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦ୍ଵାରା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ପ୍ରୋଟନ୍ ବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାରେ କିଛି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କର ପୁନର୍ବିନ୍ୟାସ ହୋଇଥାଏ । ମୂଳ ଅବସ୍ଥା ଓ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ଅବସ୍ଥା ଗୋଟିଏ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ସମବୟସୀ ଅଟନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସଂକ୍ରମଣକୁ ସମବୟସୀ ସଂକ୍ରମଣ କହନ୍ତି । ଯଦି ଏଥିରେ  $Z$  ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ଅନ୍ୟାନ୍ୟଗଣ ରୂପାନ୍ତର  $\gamma$ - ଉତ୍ସର୍ଜନ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ଵରୂପ,  $Co^{60}$  ଆଇସୋଟୋପର ବିଘଟନ ଦ୍ଵାରା  $Ni^{60}$  ଆଇସୋଟୋପ ମିଳେ ଏବଂ ଏହି  $Ni^{60}$  ଶୀଘ୍ର  $\gamma$ -ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ ।

### ତେଜସ୍ଵୀୟ କ୍ଷୟ (Radioactive Decay)

$N = N_0 e^{-\lambda t}$  ଏଠାରେ  $N_0$  ପ୍ରଥମରୁ ଉପସ୍ଥିତ ଥିବା ତେଜସ୍ଵୀୟ ପରମାଣୁ-ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା

$N$ , ସମୟ  $t$  ପରେ ଉପସ୍ଥିତ ଥିବା ତେଜସ୍ଵୀୟ ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା  $\lambda$ , ରୂପାନ୍ତର ଧ୍ରୁ ବାଙ୍କ ।

ଉପଗୋଳ ନିୟମାନୁସାରେ କୌଣସି ତେଜସ୍ବିୟ ବସ୍ତୁର ସକ୍ରିୟତା ସମୟାନୁକ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଏଥିରୁ ସହଜରେ ଅନୁମିତ ହୁଏ ଯେ ତେଜସ୍ବିୟ ପରିମାଣ ସଂଖ୍ୟା ପ୍ରଥମେ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ହ୍ରାସ ପାଇ ପରେ ପରେ ଖୁବ୍ ଧୀରେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

**ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ (Half-life period)**—ଯେଉଁ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ତେଜସ୍ବିୟ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ପରିମାଣମାନଙ୍କର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ଉଷ୍ଣ ହୋଇଥାଏ, ସେହି ସମୟକୁ ସେହି ବସ୍ତୁର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ  $t_{1/2}$  କହନ୍ତି ।

$$\begin{aligned} \text{ଯଦି } N/N_0 &= 1/2 \text{ ହୁଏ ତେବେ } \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \\ \text{କିନ୍ତୁ } \lambda t_{1/2} &= \log_e 2 = 0.693 \\ \therefore t_{1/2} &= \frac{0.693}{\lambda} \end{aligned}$$

ବିଭିନ୍ନ ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ସେକେଣ୍ଡର କିଛି ଅଂଶରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ହଜାର ନିୟୁତ ବର୍ଷ ହୋଇଥାଏ ।

**ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ମଧ୍ୟ ଆୟୁକାଳ (Mean lifetime of the nucleus,  $\tau$ )**

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଗଠନ ମୁହୂର୍ତ୍ତଠାରୁ ବିଘଟନ ମୁହୂର୍ତ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେଉଁ ହାରାହାରି ସମୟ ଅତିବାହିତ ହୁଏ ତାକୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ମଧ୍ୟ ଆୟୁକାଳ କହନ୍ତି,  $\tau = \frac{1}{\lambda}$

**ସକ୍ରିୟତାର ଏକକ (Activity units)**—କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥର ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟାର ବିଘଟନ ଘଟେ, ତାକୁ ସକ୍ରିୟତା କହନ୍ତି । ସକ୍ରିୟତାର ସାଧାରଣ ଏକକ ହେଉଛି କ୍ୟୁରୀ । ବର୍ତ୍ତମାନର ସଞ୍ଜ୍ଞା ଅନୁସାରେ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ  $3.7 \times 10^{10}$  କଣିକା ସୃଷ୍ଟି କରିପାରୁଥିବା ପଦାର୍ଥର ପରିମାଣକୁ ଏକ କ୍ୟୁରୀ କହନ୍ତି । ଏହି ଏକକ ବଡ଼ ହୋଇଥିବାରୁ ପ୍ରାୟୋଗିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମିଲିକ୍ୟୁରୀ ବା ମାଇକ୍ରୋକ୍ୟୁରୀ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ବଡ଼ ବଡ଼ ତେଜସ୍ବିୟ ଉତ୍ସ ନିର୍ମିତ କଲେକ୍ୟୁରୀ ଏକକର ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର ଦେଖାଯାଏ ।

ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ  $10^6$  କଣିକା ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ତେଜସ୍ବିୟ ପଦାର୍ଥର ପରିମାଣକୁ ଏକ ରଦରଫୋର୍ଡ (Rutherford) କହନ୍ତି ।

ଅତଏବ  $1 \text{ କ୍ୟୁସି} = 3.7 \times 10^{10}$ , ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ ବିଦିଷିତ ହେଉଥିବା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା

$1 \text{ ରଦରଫୋର୍ଡ} = 10^6$ , ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ ବିଦିଷିତ ହେଉଥିବା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା

ଯଦି ଉପସ୍ଥିତ ତେଲୁରୀୟ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ଜଣାଥାଏ ତେବେ ଏହାକୁ କ୍ଷୟ ହାର  $\lambda$  ଦ୍ଵାରା ଗୁଣି ଏକକ୍ୟୁସି  $3.7 \times 10^{10} \text{ dis/sec}$  ଦ୍ଵାରା ଭାଗକଲେ ସେହି ପଦାର୍ଥର ସକ୍ରିୟତା ଜଣାପଡ଼େ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପୋଲନିୟମ  ${}_{84}\text{Po}^{210}$  କଥା ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ । ଯଦି ଏହା  $\infty$  —କଟିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରେ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 138 ଦିନ ବା  $1.2 \times 10^7$  ସେକେଣ୍ଡ ।

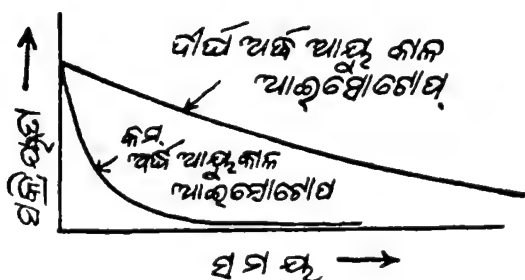
$$\text{କ୍ଷୟ ହାର, } \lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{1.2 \times 10^7} = 5.8 \times 10^{-8} \text{ sec}^{-1}$$

ଏକଗ୍ରାମ ଆଣବିକ ଓଜନ (one gram molecular weight) 210gmରେ Avogadro ସଂଖ୍ୟା  $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ ର ପରମାଣୁ ଥାଏ ।

$$\begin{aligned} \text{ଅତଏବ } N &= \left( \frac{10^{-3}}{210} \right) N_A = \frac{10^{-3} \times 6.02 \times 10^{23}}{210} \\ &= 2.85 \times 10^{18} \text{ ଆଟମସଂଖ୍ୟା} \end{aligned}$$

$$\text{ସକ୍ରିୟତା } A = \frac{N\lambda}{3.7 \times 10^{10}} = 4.5 \text{ କ୍ୟୁସି}$$

ସକ୍ରିୟତା ଉପସ୍ଥିତ ତେଲୁରୀୟ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ତଥା କ୍ଷୟ ହାର ଉଭୟଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ଖୁବ୍ ଘାଟି ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ବହୁଳ ପରିମାଣର ତେଲୁରୀୟ ପଦାର୍ଥ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ ଏହାର ସକ୍ରିୟତା ନ୍ୟୁନ ହୋଇଥାଏ । ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷେ ଯଦି ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ଖୁବ୍ ବଡ଼ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣର ପଦାର୍ଥରେ ମଧ୍ୟ ସକ୍ରିୟତା ଖୁବ୍ ଗଭୀର ହୋଇ



ଥାଏ । ପ୍ରଥମର ଉଦାହରଣ ହେଲା  ${}_{92}\text{U}^{238}$  ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ  $4.5 \times 10^9$  ବର୍ଷ । ଦ୍ଵିତୀୟଟି ହେଲା  ${}_{13}\text{Al}^{28}$  ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 2.3 ମିନିଟ୍ ।

ପ୍ରକୃତରେ ଦେଖାଯାଉଥିବା ତେଜସ୍ବିୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ତିନୋଟି ଚେନ୍‌ଦ୍ରାଘ ଶ୍ରେଣୀ ଯାହାକି ହୋଇଥାଏ । ଚେନ୍ ଆରମ୍ଭ କରୁଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା  $U^{238}$ ,  $U^{235}$ ,  $Th^{232}$  ଏବଂ ଏମାନଙ୍କଠାରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ଅନ୍ତରାଳ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ  $Pb^{206}$ ,  $Pb^{207}$  ଓ  $Pb^{208}$  । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ପ୍ରକୃତରେ ଆଉ କେତେକ ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଅଛନ୍ତି ଯେଉଁମାନେ ମଧ୍ୟ ତେଜସ୍ବିୟତା ଦେଖାଇଥାନ୍ତି ।

## ସାରଣୀ-2

ପ୍ରକୃତରେ ମିଳୁଥିବା ହାଲୁକା ତେଜସ୍ବିୟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ  
(Light Radioactive Elements of Natural Occurrence)—

z	ସଙ୍କେତ (Symbol)	A	ଅର୍ଦ୍ଧ-ଆୟୁକାଳ ବର୍ଷ	ବିକିରଣ
19	K	40	$1.4 \times 10^9$	$\beta, \gamma$
37	R <sub>b</sub>	87	$5.8 \times 10^{10}$	$\beta, \gamma$
62	S <sub>m</sub>	152	$1.25 \times 10^{11}$	$\alpha$
71	L <sub>a</sub>	176	$2.4 \times 10^{10}$	$\beta, \gamma$
75	R <sub>e</sub>	187	$4 \times 10^{12}$	$\beta$ ,

ପୂର୍ବରୁ ଏହି ତିନୋଟି ନିୟମିତ ଚେନ୍ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟମାନଙ୍କର ତେଜସ୍ବିୟତା ଚିହ୍ନଟ କରି ଅସମ୍ଭବ ଥିଲା । କିନ୍ତୁ କୃତ୍ରିମ ତେଜସ୍ବିୟତା ଆବିଷ୍କୃତ ହେବା ପରେ ଏପରିକି ହାଲୁକା ମୌଳିକବସ୍ତୁମାନେ ମଧ୍ୟ ତେଜସ୍ବିୟତା ଧର୍ମ ସନ୍ତୋଷଜନକ ଭାବେ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବାକୁ ଲାଗିଲେ ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ବାନ୍ଧାଯାଇଥିବା ଯେ ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ଅଛି ଏହା ପ୍ରାକୃତିକ ତେଜସ୍ବିୟତାରୁ ଜଣାପଡ଼େ । ଏହି ଶକ୍ତିର କିୟଦାଂଶ ତେଜସ୍ବିୟ ରୂପାନ୍ତର ଦ୍ଵାରା ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ଏହା ଶିଳ୍ପୋପଯୋଗୀ ନୁହେଁ ।

## ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତି; B(Binding Energy)—

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ପୃଥକ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ, ତାକୁ ସେହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତି B କହନ୍ତି । ଅନ୍ୟପକ୍ଷେ ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍



ବେଳେ ବେଳେ ପ୍ରତି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବନ୍ଧନଶକ୍ତି ଗଣନା କରବାକୁ ପଡ଼େ । ଏଥିନିମିତ୍ତ ବନ୍ଧନଶକ୍ତିକୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ସଂଖ୍ୟା ଦ୍ଵାରା ଭାଗ କରବାକୁ ପଡ଼େ ।

$$\text{He}^4\text{ର ପ୍ରତି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାଇଁ ବନ୍ଧନଶକ୍ତି} = B/A = \frac{28.1}{4} \approx 7 \text{ Mev}$$

ତତ୍ପରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ  $B/A$  ର ସର୍ବୋଚ୍ଚମାନ ପ୍ରାୟ (8.7 Mev.) ପିଣ୍ଡାବଳି ଟେବୁଲର ଲୁହା ଓ ନିକେଲ ପରମାଣୁ ନିମିତ୍ତ ଏହା ହୋଇଥାଏ ।  $B/A$  ର ମୂଲ୍ୟ ହ୍ରାସପାତକ କ୍ରମେ କ୍ରମେ  $\sim 7.5 \text{ Mev (u}^{238})$  ପାଇଁ ହୋଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିଆର ଅଭିସିଦ୍ଧାରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ଵର, କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଭିସିଦ୍ଧାରୁ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ବା ଅବଶୋଷିତ ହେବ ଜଣାପଡ଼େ । ଯଦି ଅଭିସିଦ୍ଧାର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ସମସ୍ତ କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ଵ, ପରବର୍ତ୍ତୀ କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ଵଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୁଏ । ଯଦି ଅଭିସିଦ୍ଧା ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମସ୍ତ କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ଵ, ପୂର୍ବାପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତି ଅବଶୋଷିତ ହୁଏ ।

## ନିଉକ୍ଲିୟସର ସ୍ଥାୟିତ୍ଵ (Nuclear stability)

ହାଲୁକା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକରେ ପ୍ରାୟ  $A=2z$  ଏବଂ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାୟ ସମାନ ଭାବେ ଥାନ୍ତି । ଭାରୀ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକରେ ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟାରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ  $A$ ର ସଂଖ୍ୟା  $2z$  ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ନିଉକ୍ଲିୟସର ବ୍ୟାସ ପ୍ରାୟ  $A^{1/3}$ ର ସମାନୁପାତ ଏବଂ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଆୟତନ  $A$ ର ସମାନୁପାତ । ପ୍ରୋଟନ୍ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ସମସ୍ତ ଛାରିବଦ୍ଧ ବଳର୍ଷଣ (Total Electrostatic, Repulsion)  $z^2$ ର ସମାନୁପାତ ଏବଂ ନିଉକ୍ଲିୟସ ବ୍ୟାସର ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତ (Inversely proportional) ନିଉକ୍ଲିୟସକୁ ବିଘଟ୍ଟ (Disruption) କରବା ନିମିତ୍ତ ସମସ୍ତ ବିକର୍ଷକ ବଳ (Repulsive Force)  $Z^2/A^{1/3}$ ରୂପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଏବଂ ଭାରୀ ନିଉକ୍ଲିୟସମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଏହା ବଳ ଖୁବ୍ ବଢ଼ିଯାଏ ।  $\text{Ca}^{40}$  ( $z=20$ ) ପାଇଁ ଏହା ବଳର ମାତ୍ରା 117 ଏବଂ  $\text{Pb}^{208}$  ( $z=82$ ) ପାଇଁ ଏହା 1137 ଅଟେ । ଏହାଛଡ଼ା  $n-p$  ଏବଂ  $n-n$  ବଳଗୁଡ଼ିକ ସବୁ ଆକର୍ଷଣାତ୍ମକ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ପ୍ରତି କଣିକାର ବନ୍ଧନଶକ୍ତି କମିଯାଏ ଏବଂ  $z$ ର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଭାରୀ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକରେ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଅସ୍ଥିରତା ବୃଦ୍ଧିପାଏ ।  $z=82$  ଏବଂ  $z=92$  ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ



ମୌଳିକ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କରେ ଅସ୍ଥିରତା ବୃଦ୍ଧିପାଇଁ ଡେକମ୍ବ୍ ସୂତା ତଥା ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନ (Fission) ଘଟିଥାଏ ।

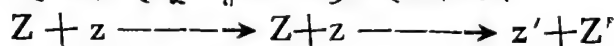
## ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା (Nuclear Reactions) :—

ଯୁକ୍ତଚାର୍ଜ ବଣିଷ୍ଟ (Positively charged) ପ୍ରୋଟନ୍ ( ${}_1\text{H}^1$ )<sup>+</sup>, ଡେକ୍ଟେରନ୍ ( ${}_1\text{H}^2$ )<sup>+</sup> ଓ ଆଲଫା କଣିକା ( ${}_2\text{He}^4$ )<sup>++</sup> ରୁଦ୍ଧିକ ପଦ୍ମସ୍ଥର ମଧ୍ୟରେ ଏକପ୍ରକାର କୁଲମ୍ବୀୟ ବିକର୍ଷଣ ବଳ ଅନୁଭବ କରନ୍ତି ।

ଏହି ବିକର୍ଷଣବଳ  $F = \frac{zeZe}{r^2}$  ଏଠାରେ  $z$  ଓ  $Z$  ଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ

କଣିକା (Projectile Particle) ଓ ଲକ୍ଷ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ (Target)ର ପରମାଣୁ ହ୍ରମାଙ୍କ ଅଟନ୍ତି ।  $F$ , ବଲ ଓ  $e$ , ଏକ ଏକକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଚାର୍ଜର ପରମାଣୁ ( $4.80 \times 10^{-10}$  e.s.u ବା  $1.6 \times 10^{-19}$  କୁଲମ୍) ଅଟେ । ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ କଣିକାର ଯଥେଷ୍ଟ ଗତିଜ ଶକ୍ତି (kinetic energy) ଥିଲେ ଏହା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରପାରେ ଏବଂ ଏଠାରେ ଶକ୍ତିଶାଳୀ (strong), ଲଘୁ ପରିସରବଣିଷ୍ଟ ଆକର୍ଷଣ ବଳ (Short range attractive force) ଅନୁଭବ କରେ । ଏହି ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ କ୍ଷଣକରେ ଲକ୍ଷ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ସହିତ ମିଶିଯାଇ ଏକ ଉତ୍ତେଜିତ ଯୋଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ସାଧାରଣତଃ ଯୋଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଆୟୁକାଳ ଟ୍ରାନ୍ସ୍ ଫର୍ମ୍ ପ୍ରାୟ ( $\leq 10^{-11}$  ସେକେଣ୍ଡ) ହୋଇଥିବାରୁ ଏହା ଦୁଇ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମ ଭାଗ ହେଲା ଉତ୍ପାଦିତ କଣିକା (Product Particle) ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟ ଅବଶିଷ୍ଟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ (Residue Nucleus)

ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ ନିମ୍ନରୂପେ ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ ।



ଲକ୍ଷ	ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ	ଯୋଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍	ଉତ୍ପାଦିତ କଣିକା	ଅବଶିଷ୍ଟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍
(Target)	Projectile	Compound	product	Residue
	nucleus	nucleus	particle	Nucleus

ଯଦି ଆପଦିତ କଣିକା (Incident particle) ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ଦିଏ ତେବେ ଏହି ଲକ୍ଷ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଧିକ ଉତ୍ତେଜିତ ଶକ୍ତିକୁ ଗାମା ରଶ୍ମି,  $\alpha$ -କଣିକା, ନିଉଟ୍ରନ୍, ପ୍ରୋଟନ୍, ଡେକ୍ଟେରନ୍, ଉତ୍ତର୍ଜନ ଦ୍ୱାରା ମୁକ୍ତ କରଥାଏ । ଭାଗ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ

ବିଭିନ୍ନ ଘଟିବାଦ୍ୱାରା ଏହା ଦୁଇ ଭିନ୍ନ ଖଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଆପାଦିତ ଶକ୍ତି ( $\approx 50 \text{ Mev}$ ) ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଘଟିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଷ୍ଟପ୍, ଶୃଙ୍ଖଳିତ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ସହ ମିଶି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ ।  $135 \text{ Mev}$  ଅପେକ୍ଷା ଶକ୍ତି ଅଧିକ ହେଲେ ଏକ ପ୍ରକାର ନୂତନ କଣିକା  $\pi$ -meson ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଭିଫିୟା ମଧ୍ୟ ନିମ୍ନରୂପେ ଲେଖାଯାଏ ।

$$a + x \rightarrow y + b \dots \dots \dots$$

ଏଠାରେ  $a$ , ଆପଦିତ କଣିକା

$x$ , ଲକ୍ଷ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍

$y$  ଅବଶିଷ୍ଟ ,,

$b$  ଉତ୍ପାଦିତ କଣିକା

ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଭିଫିୟା ମଧ୍ୟ  $X(a, b)Y$  ରୂପରେ ଲେଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଅଭିଫିୟାଗୁଡ଼ିକ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ସରଳିତ ନିୟମ ମାନନ୍ତି । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା,

(1) ଅଭିଫିୟାର ପୂର୍ବ ଓ ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମସ୍ତ ଗୁର୍ତ୍ତ

(2) ,, ,, ,, ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା

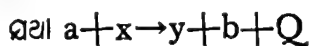
(3) କଣିକାର ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି (ବିରାମ ଶକ୍ତି + ଗତିକ ଶକ୍ତି)

(4) ରୈଖିକ ସଂବେଗ (linear momentum), କୋଣୀୟ ସଂବେଗ (angular momentum), ସମସ୍ଥାନିକ ଚକ୍ରଣ (Isotopic spin) ଓ ସମତା (Parity) । ଏ ସମସ୍ତ ଅଭିଫିୟାର ପୂର୍ବ ଓ ପରେ ସମାନ ରହେ ।

**ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଭିଫିୟା ଶକ୍ତି (Nuclear Reaction Energy)**  
ବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍  $Q$ -ମୂଲ୍ୟ (Nuclear  $Q$ -value)

ରସାୟନ ଶାସ୍ତ୍ରର ତାପପ୍ରତିୟା ଭଳି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଭିଫିୟାରେ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ଏବଂ ଏହି ଅଭିଫିୟାରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱରୁ ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଗଣନା କରାଯାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଭିଫିୟାରେ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ବା ଅବଶୋଷିତ ହୁଏ ତାକୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଭିଫିୟା ଶକ୍ତି କହନ୍ତି ଏବଂ ଏହା  $Q$ -ସଂକେତ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ ।  $X(a, b)Y$  ଏହି ଅଭିଫିୟାରେ

$Q = c^2 (M_x + M_a - M_y - M_b)$  । ବେଳେ ବେଳେ ଅଭିକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ  $Q$ କୁ ଲେଖା ଯାଇଥାଏ ।



ଅଭିକ୍ରିୟା ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ହୋଇଥାଏ । ତାପୋତ୍ପାଦକ (Exothermic) ଏବଂ ତାପଶୋଷି (Endothermic) । ତାପୋତ୍ପାଦକ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ  $Q$  ଧନଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ତାପଶୋଷୀ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ  $Q$  ରାଶିଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ବାହ୍ୟ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ।

$Q$  ପରିମାଣ ଗଣନା ନିମିତ୍ତ ଏକ ଉଦାହରଣ ନିଆଯାଉ । ଯେଉଁ ଅଭିକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂସ୍ରଥମେ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିଲା । ବେରିଲିୟମ୍  $\alpha$ -କଣିକାଦ୍ୱାରା ପ୍ରକ୍ଷେପିତ ହୋଇ  $C^{12}$  ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ( ${}_0n^1$ ) ସୃଷ୍ଟି କରିଥିଲା ।

$$\text{ବେରିଲିୟମର ବସ୍ତୁତ୍ତ୍ୱ} = M(B_e^9) = 9.015043 \text{ amu}$$

$$\alpha\text{-କଣିକା ବା ହିଲିୟମର ବସ୍ତୁତ୍ତ୍ୱ} = M(H_e^4) = 4.003873 \text{ ,,}$$

---


$$M(B_e^9) + M(H_e^4) = 13.018916 \text{ amu}$$

$$\text{ଏବଂ } C^{12} \text{ ର ବସ୍ତୁତ୍ତ୍ୱ} = M(C^{12}) = 12.003804 \text{ amu}$$

$$\text{ନିଉଟ୍ରନ୍ ର ବସ୍ତୁତ୍ତ୍ୱ} = M({}_0n^1) = 1.008982 \text{ ,,}$$

---


$$M(C^{12}) + M_n = 13.012786 \text{ amu.}$$

$$\therefore \frac{Q}{c^2} = M(B_e^9) + M(H_e^4) - M(C^{12}) - M_n$$

$$= 13.018916 - 13.012786 = 0.006130 \text{ amu}$$

$$\therefore Q = 0.006130 \times 931.1 = 5.708 \text{ Mev.}$$

ସୂଚକ ଏହା ଏକ ତାପୋତ୍ପାଦକ ଅଭିକ୍ରିୟା ଏବଂ 5.708 Mev ଶକ୍ତି ନିଉଟ୍ରନ୍ ର ଗଠନଶକ୍ତି ରୂପେ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

## ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା (Compound Nucleus and Nuclear Reactions)

ଯଦି ଗୋଟିଏ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ରକ୍ଷେପୀ, ବାହାରୁ କିଛି ଗଠନଶକ୍ତି ସହ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରେ, ତେବେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟନ୍, ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟକା

ଶକ୍ତିକୁ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ବାଣ୍ଟି ନଥାନ୍ତି । ଏହି ଶକ୍ତିବଣ୍ଟନ ଦ୍ଵାରା ଗୋଟିଏ ବା ଏକତଳ ନିଉକ୍ଲିୟନ୍ ନିଜ ନିଜ ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତିଠାରୁ ଅଧିକ ଗତଳ ଶକ୍ତି ପାଇଥାନ୍ତି । ଗୋଟିଏ ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ଵାରା ଆୟୁକାଳ (ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ଵାରା ପ୍ରକ୍ଷେପର ଗ୍ରହଣ ଓ ଏଥିରୁ କଣିକାର ଉତ୍ସର୍ଜନ)  $10^{-14}$  ସେକେଣ୍ଡ ବା ତା'ଠାରୁ କମ୍ । କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନ୍ ବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ  $10^{10}$  ସେ.ମି. ପରିବେଗରେ  $10^{-12}$  ସେ.ମି. ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ କୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବାକୁ  $10^{-22}$  ସେକେଣ୍ଡ ନେଇଥାଏ । ତେଣୁ ଏହି  $10^{-14}$  ସେକେଣ୍ଡରେ ମଧ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟନ୍ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଘର୍ଷଣ ସଂଘଟିତ ହୋଇ ଶକ୍ତିବଣ୍ଟନ ହୋଇଥାଏ ।

## ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା (Types of Nuclear Reactions)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକ ଆପତତ ଶକ୍ତି ତଥା ଲକ୍ଷ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସର ପ୍ରକାର ଭେଦ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରନ୍ତି । ତେଣୁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବ୍ଲାଟ୍ଟ (Blatt) ଓ ୱାଇସ୍କପ୍ଫ (Weisskopf) ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକୁ ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରିଛନ୍ତି ।

i) ଆପତତ କଣିକା (Incident particle) :—ଯେଉଁ କଣିକାମାନେ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରଥାନ୍ତି, ଯଥା—ନିଉଟ୍ରନ୍, ପ୍ରୋଟନ୍, ଡିୟୁଟେରିୟମ୍,  $\alpha$ -କଣିକା ଏବଂ  $\gamma$ -ରଶ୍ମି ଫୋଟନ୍ ।

ii) ଆପତତ ଶକ୍ତି (Incident energy) :—ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରକାରରେ ଆପତତ ଶକ୍ତି 5 ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇପାରେ ।

(1) ନ୍ୟୁନ ଶକ୍ତି (Low energy)  $E \rightarrow (0-1000) \text{ ev.}$

(2) ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଶକ୍ତି (Intermediate Energy)  $E \rightarrow (1-500) \text{ Kev.}$

(3) ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି (High Energy)  $E \rightarrow (0.5-10) \text{ Mev.}$

(4) ଅତି ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି (Very high Energy)  $E \rightarrow (10-50) \text{ Mev}$

(5) ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଶକ୍ତି (Ultra high Energy)  $E > 50 \text{ Mev.}$

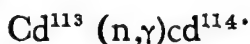
iii) ଲକ୍ଷ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ (Target nuclei) :—ବସ୍ତୁତ୍ଵ ସତ୍ୟା A ଅନୁସାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସଗୁଡ଼ିକ ତିନୋଟି ଶ୍ରେଣୀରେ ବିଭକ୍ତ ।

- (୧) ହାଲୁକା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ (light nuclei)  $A \rightarrow (1-25)$   
 (2) ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ,, (Intermediate nuclei)  $A \rightarrow (25-85)$   
 (3) ଭାରୀ ,, (Heavy nuclei)  $A \rightarrow (85-240)$

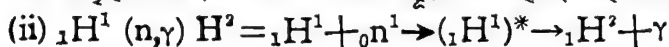
ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଅଭିଫିୟା ସମ୍ଭବ । କିନ୍ତୁ ଯେଉଁଗୁଡ଼ିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟର ଶିକ୍ଷାକ୍ରମରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ତାହା ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

(n,γ) ଅଭିଫିୟା (n,γ reaction) :—ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ବିକିରଣାତ୍ମକ ପ୍ରଗ୍ରହଣ (Radiation Capture) କହନ୍ତି । ଏଥିର Q-ମୂଲ୍ୟ ଧନଯୁକ୍ତ । ଏକ୍ସେସରେ ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୃହୀତ ହୁଏ କିନ୍ତୁ କୌଣସି ଭାରି କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ବସ୍ତୁ-ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିମିତ୍ତ ଗାମା ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୁଏ ।

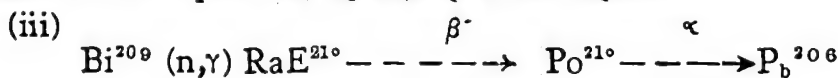
ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ



cd (cadmium)ର ଅବଶୋଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ତୁତାଟି ଖୁବ୍ ବଡ଼ ଅଟେ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ Cd ଧାତୁକୁ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ପରିରକ୍ଷକ (Slow neutron shielding) ତଥା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ରଡ଼ (control rod) ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ।

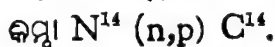
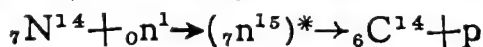


ଯେଉଁସବୁ ଶିକ୍ଷାକ୍ରମରେ ଜଳ ଶୀତଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ (Hanford pile) ମନ୍ଥକ ଭାବେ (Los Alamos Water Boiler) ବା ପରିରକ୍ଷକଧାତୁ ଭାବେ (Clinton pile) ରେ ଏହି ଅଭିଫିୟା ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ ।



ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶିକ୍ଷାକ୍ରମରେ Bi ଶୀତଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଅଭିଫିୟାଦ୍ୱାରା RaE ଓ Po ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

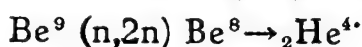
(n,p) ଅଭିଫିୟା (n,p) reaction :— ଏହି ଶ୍ରେଣୀର ଅଭିଫିୟା ସାଧାରଣତଃ ନିମ୍ନ Z ମୌଳିକବସ୍ତୁମାନଙ୍କରେ ଦେଖାଯାଇଥାଏ ।



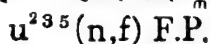
$C^{14}$  ଡେଜର୍ମିୟୁ ଟ୍ରେସର୍ (Radioactive Tracer) ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଜୈବିକ ଚଳୁଚ୍ଚଳରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ ହେବା ପରେ ଏହି ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ହୋଇଥାଏ ।

(n,  $\gamma$ ) ଅଭିକ୍ରିୟା—(n,  $\gamma$ ) Reaction :—ଏ ପ୍ରକାର ଅଭିକ୍ରିୟା ସାଧାରଣତଃ ହାଲୁକା ମୌଳିକବସ୍ତୁରେ ଦେଖାଯାଏ । ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟା ବ୍ୟାପକତାରେ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅନୁସନ୍ଧାନକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର (Slow neutron detector) ଯଥା  $BF_3$ , ଗ୍ୟାସ-ପୂର୍ଣ୍ଣ ସମାନୁପାତୀ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର (Gas filled proportional counter)ରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(n, 2n) ଅଭିକ୍ରିୟା—(n, 2n) (Reaction) :—ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାରେ  $Q$  ସର୍ବଦା ରାଶିଯୁକ୍ତ । ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ନିମ୍ନ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ଆପଦିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ଥାଏ ତେବେ ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରୁ ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟା ପରେ ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିର୍ଗତ ହୋଇପାରେ । ବେରିଲିୟମ୍ ମଘକ ଶିଆଳୁରରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ନିମ୍ନଲିଖିତ ଅଭିକ୍ରିୟା ଦ୍ଵାରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।



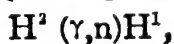
(n, f) ଅଭିକ୍ରିୟା—(n, f) Reaction :—ଏହା ସବୁଠାରୁ ଗୁରୁତ୍ଵପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଭିକ୍ରିୟା । ଏଥିରେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭଜନ ହୋଇଥାଏ ।



ଏଠାରେ F.P ଅଭିକ୍ରିୟା ପ୍ରସ୍ତୁତ ବିଭଜନ ଶକ୍ତି ।

( $\gamma$ , n) ଅଭିକ୍ରିୟା—( $\gamma$ , n) Reaction :—ଆଲୋକବିଘଟନ (Photodisintegration)

ଯଦି ଆପଦିତ ଗାମା ରଶ୍ମି ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ଏପ୍ରକାର ଆଲୋକ ବିଘଟନ ଘଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।



ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟା ଦ୍ଵାରା ଷ୍ଟେଜିଲ ମଘକ ଶିଆଳୁରରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ଏ ପ୍ରକାର ଶିଆଳୁର ଚକ୍ ଶିଉର, ଓଷ୍ଟାରିଓ, କାନାଡାରେ ଅବସ୍ଥିତ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଫିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ କେଉଁ କେଉଁ ପରିସ୍ଥିତି ଆବଶ୍ୟକ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ । ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିଫିୟା ଆରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ଅଣୁ ବା ପରମାଣୁ ପରପସ୍ପରଠାରୁ ପରମାଣୁ ଆକାରର ସୀମା ( $\approx 10^{-8}$  ସେ. ମି.) ମଧ୍ୟରେ ଆସିଥାନ୍ତି, ଯଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ କିଛି ଏକ ଅନ୍ୟ ସହ ପାଠସ୍ପରକ ଫିୟା କରି ପାରେ । ଯଦି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ  $10^{-12}$  ସେ.ମି ଆରମ୍ଭ କରି  $10^{-13}$  ସେ.ମି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପରସ୍ପର ଆଡ଼କୁ ଆସନ୍ତି ତେବେ ଏହି ଅଭିଫିୟା ସମ୍ଭବ । ଦୂରତ୍ୱର ଏହି ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବଳ (Nuclear Force) କାର୍ଯ୍ୟଶୀଳ ହୋଇଥାଏ । ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିଫିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରାୟୋଗିକ ପଦାର୍ଥକୁ (Reacting Substance) ଲେବଲ ଗରମ କରାବାହି ଯଥେଷ୍ଟ । ଏହି ତାପୀୟ ଚଳନ ଦ୍ୱାରା ଶୀଘ୍ରୀଘ୍ର ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ସଂଘଟନ (Atomic collision) ଘଟିଥାଏ ଯଦ୍ୱାରା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ କିଛି ରାସାୟନିକ ଅଭିଫିୟା ଆରମ୍ଭ କରିବାରେ ସଫଳ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଅଭିଫିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭ କିବୋ ଅଘଟ କଠିନ ବ୍ୟାପାର । କାରଣ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଛିରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣବଳ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷତ ଏବଂ ଏହି ବଳ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଦୂରତ୍ୱର ପ୍ରତି ଲେମ୍ବବର୍ଗ (Inverse Proportion) ଅନୁସାରେ ବର୍ଦ୍ଧିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଅତଏବ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଫିୟା ଆରମ୍ଭ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ଏତିକି ଶକ୍ତି ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯଦ୍ୱାରା ଏହା ଛିରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ ବଳ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷତ ମୁକ୍ତ ହୋଇପାରେ । ଏହା ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ସମ୍ଭବ ।

1) ତ୍ୱରକ (Accelerator) ଭଳି ବିଶିଷ୍ଟ ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଏକ ପ୍ରକାର ମୌଳିକ-ବସ୍ତୁର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି ପରିବେଶ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ ଅନ୍ୟ ଏକ ମୌଳିକ-ବସ୍ତୁର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ଆଘାତ (Bombard) କରିଥାଏ ।

2) କୌଣସି ପଦାର୍ଥକୁ ଅତ୍ୟଧିକ ଗରମ କଲେ (ଦଶଲକ୍ଷ ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ) ଏହାର ତାପୀୟ ଗତି, ଛିରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ ବଳଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ । ଏହି ଅଭିଫିୟାକୁ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଫିୟା (Thermonuclear reaction) କହନ୍ତି ।

ପ୍ରଥମ ପ୍ରକାରରେ ଆଘାତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉତ୍କଳାନ ଆଇସୋଟୋପ  $H^1$  ତଥା  $H^2$  (ପ୍ରୋଟୋନ୍ p ତଥା ଡିୟୁଟେରିୟମ d) ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟ ଆଇସୋଟୋପ  $He^4$  (ଏ-କଣିକା) ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ପ୍ରକାରର ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଞ୍ଜିୟା ପୃଥକ ପୃଷ୍ଠରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରି ସ୍ପଷ୍ଟ ହେବ ନ ଥିଲା । କାରଣ ଏଥି ସମ୍ପର୍କେ ଆବଶ୍ୟକ ଉଦାହରଣ ଉପରେ ଆଧାର ନ ଥିଲା । କିନ୍ତୁ ଉଦ୍‌ଜ୍ଞାନ ଓ ଅନ୍ୟ ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଫସ୍‌ଫଟିକ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଞ୍ଜିୟା ସୂଚକ ତଥା ଅନ୍ୟ ନିଷ୍ପତ୍ତି ମଧ୍ୟରେ ଦେଖାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ପ୍ରାୟ ଏକ କେଟି ଡିଗ୍ରୀ ଉତ୍ତପର ଉତ୍ତପ ହୋଇଥାଏ । ଆଧୁନିକ ମତବାଦ ଅନୁଯାୟୀ ଏ ପ୍ରକାର ଅଭିଞ୍ଜିୟା ଘୌର ଶକ୍ତି ତଥା ନାଷ୍ଟିକ ଶକ୍ତିର ଉତ୍ସ ।

ନିକଟ ଅତୀତରେ ଏହି ପ୍ରକାର ତାପନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଞ୍ଜିୟା ପ୍ରୟୋଗଶାଳା ପରିସ୍ଥିତି (laboratory conditions) ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରିଛି । ଏହା ପରବର୍ତ୍ତୀ ଆଧ୍ୟାୟରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ହେବ । ଯଦ୍ୱାରା ତୃତୀୟ ଚର୍ଚ୍ଚା କଣିକା କ୍ରମେ କ୍ରମେ ପରମାଣୁ ଗୁଡ଼ିକୁ ଆୟନକରଣ କରି ଶକ୍ତି ହରାଇଥାଏ । ତେଣୁ ଅନ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ପ୍ରବେଶକରି ଛିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକିରଣର ଅତ୍ୟଧିକ ନିକଟରୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଞ୍ଜିୟା ଆରମ୍ଭ କରାଯାଇଥାଏ । କେବଳ କମ୍ ତୃତୀୟ କଣିକା ଲକ୍ଷ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସକୁ ଆଘାତ କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଞ୍ଜିୟା ଆରମ୍ଭ କରିଥାଏ ।

ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ନିଉକ୍ଲିୟସକୁ ଆଘାତ କଲେ ଏପରି ହୋଇ ନ ଥାଏ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଚାର୍ଜଶୂନ୍ୟ କଣିକା, ଏଥିପାଇଁ ଏହାର ପରବେଗ କମ୍ ହେଲେହେଁ ଏହା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ସୁ କକ୍ଷକୁ ଅତ୍ୟଧିକ କରି ଲକ୍ଷ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି ପ୍ରାୟ ନିମ୍ନ ଏପରି ଏକ ଅଭିଞ୍ଜିୟା ଆବଶ୍ୟକ ଯାହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଆରମ୍ଭ ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ପରମାଣୁର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପତ୍ତି ହେବ । ଏହି ଉତ୍ପାଦିତ ନିଉଟ୍ରନ୍, ଅଭିଞ୍ଜିୟାକୁ ବଞ୍ଚାଇ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । 1939 ମସିହାର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଏ ପ୍ରକାର ଅଭିଞ୍ଜିୟା ଫସ୍‌ଫଟିକ ହେବା ଜଣାପଡ଼ିଥିଲା । ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍-ପ୍ରେରିତ ୟୁରାନିୟମ୍—ବିଭଜନ ଅଭିଞ୍ଜିୟା ନାମରେ ଅଭିହିତ (Neutron-induced uranium fission reaction) ।

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନ (Nuclear Fission):—

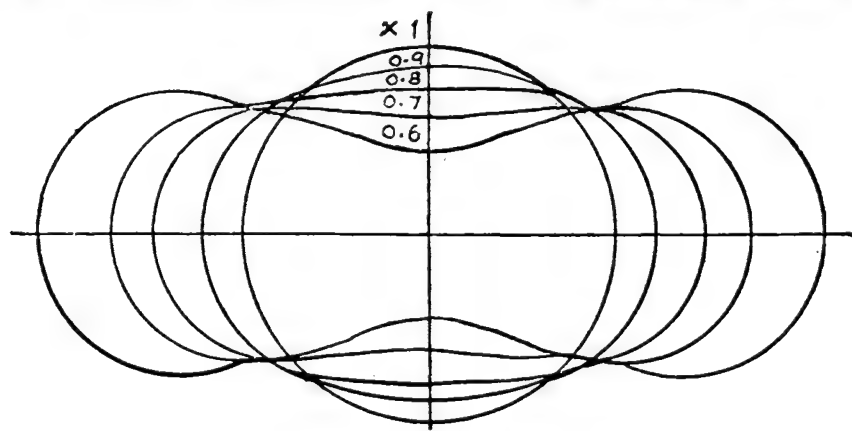
ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନ ଅଭିଞ୍ଜିୟାରେ ଆପତ୍ତ କଣିକା ଗ୍ରହଣ କରି ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ, ସମତୁଲ ଦୁଇଖଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଉତ୍ପତ୍ତି ବିଭଜନ ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହା ଅପେକ୍ଷା ନିଉକ୍ଲିୟସର ବିଭଜନ ଜନିତ ଶକ୍ତି ବହୁଗୁଣରେ ଅଧିକ । କିନ୍ତୁ ଏହା ନିଉକ୍ଲିୟସ ବିଭଜନର ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଲଭ ହୁଏ । ବିଭଜନ ଦ୍ୱାରା ବହୁଗୁଣିତ



ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଵୟଂବୃତ୍ତିତ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା (Chain reaction) ରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି ।

ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ଥୋରିୟମ୍ ଭଳି ନେତେଗୁଡ଼ିଏ ଭାରି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ କାଳକ୍ରମେ ଧୀରେ ଧୀରେ ଭାଙ୍ଗି ଦୁଇ ଭାଗ ଖଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହାକୁ ସ୍ଵ-ବିଭଜନ କହନ୍ତି ଏବଂ ଯୁରାନିୟମ ନିମିତ୍ତ ହାରାହାରି ଅର୍ଦ୍ଧ-ଆୟୁକାଳ  $\approx 10^{21}$  ବର୍ଷ । ଶକ୍ତିଶାଳୀ ନିଉଟ୍ରନ୍, ପ୍ରୋଟନ୍, ଡିୟୁଟେରିୟମ୍,  $\alpha$ -କଣିକା ଓ  $\gamma$ -କଣିକାର ଆଦାତ ଦ୍ଵାରା ଅନେକ ଭାରି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ବିଭଜନ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏଥିରୁ ବିଭଜନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ଶକ୍ତି ଖୁବ୍ କମ୍ । ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା ଯୁରାନିୟମ ଆଇସୋଟୋପ୍  $U^{233}$ ,  $U^{235}$  ଏବଂ  $Pu^{239}$  ରେ ଯେଉଁ ବିଭଜନ ହୁଏ, ସେଥିରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତେଣୁ ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାର ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ଯଥେଷ୍ଟ ।

ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ଥୋରିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକରେ ଅଧିକ ଯୁକ୍ତଗୁଳ୍ମ ଓ ଛିର ବହୁତ ଶକ୍ତି ଅବାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଉଦ୍ଦେଜନା (Provocation) ପାଇବା ମାତ୍ରେ ସେମାନେ ଖଣ୍ଡ ବିଖଣ୍ଡ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଏମାନଙ୍କର ପୃଷ୍ଠ ଅଣଗୋଲକାର ଆକାର ଧାରଣ କରି ବିସ୍ତାରିତ ହୁଏ । ଖୁବ୍-ବଳଶାଳୀ ପୃଷ୍ଠତାନ (Surface Tension) ଦ୍ଵାରା ଏହି ବିସ୍ତାରରଣ ଅବରୋଧ କରାଯାଇଥାଏ । ଏକ ବିନ୍ଦୁ ନିକ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ତାନଦ୍ଵାରା ଯେପରି ଗୋଲକାର ଆକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ, ତିନି ସେହିପରି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟ ଗୋଲକାର ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ପୃଷ୍ଠତାନ,

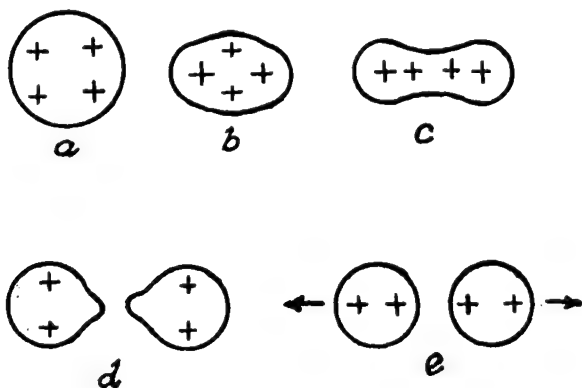


( ଚିତ୍ର ନଂ ୪ )

ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ଅବସ୍ଥା  $10^{18}$  ଗୁଣ ଅଧିକ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଜଳବିନ୍ଦୁ ମଡେଲ (Liquid drop model) କୁ ଗ୍ରହଣ କରି ଏମାନଙ୍କର ଆକାର ଗଣନା କରାଯାଇ ଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ  $x$  ପାରମିଟର ଦ୍ଵାରା ଚିହ୍ନିତ ହୁଅନ୍ତି ।  $x$ , ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଓ ପୃଷ୍ଠତାନର ଅନୁପାତ ଅଟେ । ଥୋରିୟମ୍‌ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନିତ୍ତ  $x$  ର ମାନ 0.7ରୁ 0.8 ମଧ୍ୟରେ ହୋଇଥାଏ ।  $x$  ର ମୂଲ୍ୟ ଯେତେ ଅଧିକ ହୁଏ, ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ସେତେକ ଅସ୍ଥିର ହୁଅନ୍ତି ।

### ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭଜନର କ୍ରିୟାବିଧି (Mechanism of Nuclear Fission)

ଏକ ବିନ୍ଦୁ (Drop) ରୁ ନିର୍ମୁକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବିଭଜନ ସହଜ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭଜନ କ୍ରିୟାବିଧିର ଯଥେଷ୍ଟ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଅଛି । ସର୍ବ ପ୍ରଥମେ ଗୋଲକାର ବିନ୍ଦୁ ଗ୍ରୀବ ବିକୃତିବଳ ପାଇଁ କମ୍ପିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-5)

ଚିତ୍ର 5 (a) ରେ ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ବିନ୍ଦୁ (Drop) ଗୋଲକାର ଥାଏ । (b) ବିକୃତି ବଳ ପ୍ରଭାବରେ ଏହା ଗୋଲପରି (Spheroidal) ହୁଏ । (c) ଯଦି ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ପୃଷ୍ଠତାନଠାରୁ କମ୍ ହୁଏ ତେବେ ବିନ୍ଦୁ ପୁନଃକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ ଏବଂ କମ୍ପନ କ୍ଷମେ କ୍ଷମେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଯଦି ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ପୃଷ୍ଠତାନଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ବିନ୍ଦୁ ଏକ (Dumbbell) ଡମ୍ବେଲ ଆକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ । (d) ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବିନ୍ଦୁଟି ଦୁଇଟି

ବିକୃତ ଆକାର ବିଶିଷ୍ଟ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହେବାର ବହୁତ ସମ୍ଭାବନା ଥାଏ । (e) ଏବଂ ପରେ ଗୋଲକାର ଆକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ । ବିଭଜନ ହେବା ସମୟରେ ଖୁବ୍ ଶ୍ରେଷ୍ଠ ଶ୍ରେଷ୍ଠ ବିନ୍ଦୁ ମୁଖ୍ୟ ବିନ୍ଦୁଠାରୁ ପୃଥକ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ଉତ୍ତେଜିତ ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ତେଜନାଶକ୍ତି ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ବନ୍ଧନଶକ୍ତି ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ ପୂର୍ବରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ର ଗତିଶକ୍ତିର ସମଷ୍ଟି ସହ ସମାନ । ତରଳ ବିନ୍ଦୁର କମ୍ପନ ଭଳି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଉତ୍ତେଜନା ପାଇ କମ୍ପିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଯଦି ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ କୁ (c) ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣିବା ନିମିତ୍ତ ଯଥେଷ୍ଟ ନୁହେଁ ତେବେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍, ନିଉକ୍ଲିୟାର ବଳ ପ୍ରଭାବରେ ପୁର୍ବ ଗୋଲକାର ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଆସେ ଏବଂ ଅତିଶକ୍ତି ଶକ୍ତିକୁ ଗାମା କ୍ୟାଣ୍ଡା ରୂପରେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ । ଯଦି ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ଯଥେଷ୍ଟ ହୁଏ ତେବେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଡିମୋଲ ଅବସ୍ଥା (c) ରେ ଉପନୀତ ହୁଏ । ଡିମୋଲର ବୁଦ୍ଧ ଗୋଲକାର ମଧ୍ୟରେ ବଳବତ୍ତର ଥିବା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକିରଣ ବଳ, ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତିଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ତତ୍ପରେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦୁଇ ଖଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

## ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ କ୍ରୀଟିକ ଶକ୍ତି (The Critical Energy For Fission)

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ କୁ ବିଭକ୍ତ କେବା ନିମିତ୍ତ ଯେଉଁ ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ତାକୁ କ୍ରୀଟିକ ଶକ୍ତି (Critical energy) କହନ୍ତି । (c) ଅବସ୍ଥାରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକିରଣ ଶକ୍ତି, ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ବିକିରଣ ଶକ୍ତି  $z^2/A^{1/3}$  ର ସମାନୁପାତ । କିନ୍ତୁ ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି  $A^{2/3}$  ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ତେଣୁ ଉଭୟ ଶକ୍ତିର ଅନୁପାତ  $z^2/A$  ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ର ବିଭଜନ ଏହି  $z^2/A$  ମାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି କୌଣସି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ର  $z^2/A$  ମାନ ଅଧିକ, ତେବେ ଏହାର ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ଖୁବ୍ କମ୍ ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ।

ବୋର (Bohr) ଓ ହୁଲର (Wheeler) ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନୁଯାୟୀ ଯଦି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକିରଣ ବଳ, ପୃଷ୍ଠ ବଳର ଦୁଇ ଗୁଣରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ତେବେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ ତତ୍କ୍ଷଣାତ୍ ହୋଇଥାଏ । ତତ୍କ୍ଷଣାତ୍ (Instantaneous) ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ସୂଚକ ହେଲେ ଯେ  $z^2/A > 50$  । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ହଠାତ୍ ସ୍ଵ-ବିଭଜନ (Spontaneous

fission) ନ ହେବାର ସୂଚକ ହେଲା  $z^2/A < 45$  ।  $z^2/A$  ର ମାନ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ-239 ପାଇଁ 37.00, ୟୁରାନିୟମ-233 ପାଇଁ 36.4 ଓ ୟୁରାନିୟମ-235 ପାଇଁ 36 ଅଟେ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦନ ପରେ u-235 ର ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ କ୍ରାନ୍ତିକ ଶକ୍ତି ମାତ୍ର 5.5 Mev ବିସମଥ, ସୀସା, ଟାଟାଲମ୍ ପ୍ରଭୃତି ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର  $z^2/A$  ମାନ ପ୍ରାୟ 30 ବା ତା'ରୁ କମ୍ ଏବଂ ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ କ୍ରାନ୍ତିକ ଶକ୍ତି ଖୁବ୍ ଅଧିକ । ଲକ୍ଷ ଲକ୍ଷ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଭୋଲ୍ଟ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବା ପରେ ଯାଇ ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ବିଭକ୍ତ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ଏତେ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବା ସମ୍ଭବପର ନ ହେବାରୁ ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁରେ ବିଭଜନ ପ୍ରାୟ ଦେଖାଯାଇ ନଥାଏ ।

### ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି ଓ ବିଭଜନ (Neutron Energy & Fission) :—

ଯଦି କ୍ରାନ୍ତିକ ଶକ୍ତି, ନିଉଟ୍ରନ୍ ବନ୍ଧନଶକ୍ତି (ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିରୀକୃତ)ରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରାପ୍ତଶକ୍ତି ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ କେବଳ ଫାସ୍ତ (fast) ଗତିଶୀଳ ଓ ଅତ୍ୟନ୍ତ ଗତିଶୀଳ ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ର ବିଭଜନ ହୋଇପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ  $u^{238}$  ର ବିଭଜନ 1.1 Mev ରୁ କମ୍ ଗତିଶୀଳ ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ହୋଇନପାରେ ।  $Th^{232}$  ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ର ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ଅନୁରୂପ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ଯଦି କ୍ରାନ୍ତିକ ଶକ୍ତି, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତିଠାରୁ କମ୍ ହୁଏ, ତେବେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ର ବିଭଜନ କମ୍ ଗତିଶୀଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଧୀର (slow) ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରାପ୍ତ  $Pu^{239}$ ,  $u^{233}$  ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମାନେ ମଧ୍ୟ ଏତାଦୃଶ ଧର୍ମ ଦର୍ଶାଇଥାନ୍ତି । ଏମାନଙ୍କର ଦାନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାୱାର୍ ଶିଳ୍ପପ୍ରତି ଅତୁଳନୀୟ ।

ଯଦି ମୂଳ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ସମସ୍ୟାକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ବିଷମ ସ୍ୟାକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଆଏ ତେବେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦନ ପରେ ଏଥିରୁ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ । ନତେଜ୍ ବିଷମ ସ୍ୟାକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ ଏପରି ହୋଇଥାଏ । u-233, u-235 ଓ Pu-239ରେ ସମ ସ୍ୟାକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ବିଷମ ସ୍ୟାକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥାନ୍ତି । ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ବିଭଜନୀୟ (fissile) ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ପ୍ରୋଟୋଆକ୍ଟିନିୟମ୍—232, ନେପଚୁନିୟମ୍—236 ଓ —238 ଏବଂ ଆମେରିକିୟମ୍—252 ଗୁଡ଼ିକ ବିଷମ-ବିଷମ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଟନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନେ ବିଭଜନୀୟ । ଅପର ପକ୍ଷେ ନେପଚୁନିୟମ୍—237 (ବିଷମ ସ୍ୟାକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ସମ

ସଂଖ୍ୟା ନିଉଟ୍ରନ୍), ଥୋରିୟମ୍—232 ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍—238 (ଉତ୍ତମସ୍ଫୋଟନ ସମସଂଖ୍ୟା ପ୍ରୋଡକ୍ଟ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍) ନିଉଟ୍ରନ୍ ସ୍ଫୋଟନରୁ ବିଭଜନୀୟ । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ସ୍ଫୋଟନରୁ ବିଭଜନ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦୁଇ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଆବଶ୍ୟକ ।

### ବିଭଜନରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜନ (Emission of Neutrons in Fission) :—

ନିଉଟ୍ରନ୍ ସ୍ଫୋଟନରୁ ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଅଧିକାଂଶ ଖଣ୍ଡ (Fragments) ଉତ୍ସର୍ଜିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାନ୍ତି, ଏବଂ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ତେଜସ୍ବିୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପରେ ମୂଳ ଛାୟା ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରି ଆସନ୍ତି । ଏ ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନରେ ନିଉଟ୍ରନ୍, କାଲେକ୍ଟର୍ ଓ ଗାମାକିରଣ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ଭାବେ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା  $u-235$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ସ୍ଫୋଟନରୁ ହାରାହାରି  $2.5 \pm 0.1$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଆଂଶିକ ସଂଖ୍ୟା ଯଦି ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ, କାରଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିଭଜନରେ ପୂର୍ଣ୍ଣାଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା (Integral Number) ବିଶେଷ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ ।

ବିଭଜନରୁ ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେମାନେ ହେଲେ ତାତ୍କାଳିକ (Prompt) ଓ ବିଳମ୍ବିତ (Delayed) ନିଉଟ୍ରନ୍ ।

### ତାତ୍କାଳିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ (Prompt Neutrons) :—

ଯେତେବେଳେ ଉତ୍ସର୍ଜନା ଶକ୍ତି, ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ନିଉଟ୍ରନ୍ ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତିରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ଏ ପ୍ରକାର ତାତ୍କାଳିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାୟ  $10^{-14}$  ସେକେଣ୍ଡ ବ୍ୟବଧାନରେ ଏହି ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକରୁ ନିଷ୍କାସିତ (ejected) ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ର ଏମାନେ ହେଲେ ଶତକଡ଼ା 99 ଭାଗ । ତାତ୍କାଳିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି ବେଳେବେଳେ 10 Mev ରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ଅଧିକାଂଶର ଶକ୍ତି ପ୍ରାୟ 1 ରୁ 2 Mev ମଧ୍ୟରେ ।

### ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ (Delayed Neutrons) :—

ବିଭଜନକୁ ପ୍ରାୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ର ଏମାନେ ହେଲେ ଶତକଡ଼ା 0.75 ଭାଗ । ଯଦି 1 Mev ଶକ୍ତି ବିଶେଷ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା  $u-235$  ର ବିଭଜନ ହୁଏ ତେବେ 160 ଗୋଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରାୟ ଗୋଟିଏ ମାତ୍ର ବିଳମ୍ବିତ ହୋଇଥାଏ । ବିଭଜନ ପର କିଛି

ମିନିଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଏମାନେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ଶକ୍ତିତା (Intensity) କମିଯାଏ । କିନ୍ତୁ ତାହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ପାତ୍ର ପ୍ରକାରର । ମୁଖ୍ୟତଃ ସେମାନଙ୍କ ଧର୍ମ-ଗୁଣିକ ନିମ୍ନରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ହୋଇଛି ।

## ସାରାଂଶ—୩

(ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା  $u-235$  ରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗୁଣିକର ଧର୍ମ)

(Properties of Delayed Neutrons Emitted in Thermal Neutron-Fission of  $u-235$ )

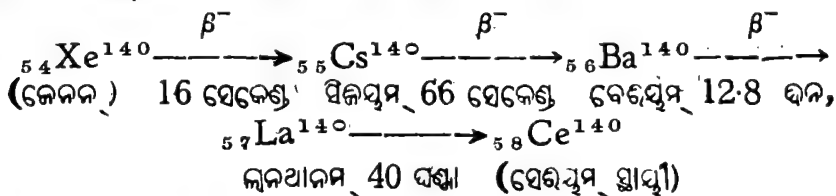
ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ସେକେଣ୍ଡ Half life in Secs	ହାରାହାରି ବିଳମ୍ବିତ ସମୟ (Average Delaytime)
0.43	0.62
1.52	2.19
4.51	6.50
22.00	31.70
55.60	80.2

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭଜନ ପଦ୍ଧତି (Process) କୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବାରେ ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗୁଣିକ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗୁଣିକର କିମ୍ବଦନ୍ତୀ ହେଉଛି ଯେ, ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଉଦାହରଣ ସ୍ଵରୂପ ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍  $T=55.6$  ସେକେଣ୍ଡର ଉତ୍ସର୍ଜିତ ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ । ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଶ୍ରେଣୀମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ  $Br^{87}$  ଅନ୍ୟୋନ୍ୟ ଧର୍ମାତ୍ମକ । ଏହି  $Br^{87}$  ଆଇସୋଟୋପ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ, ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥାନ୍ତି ଯୁକ୍ତର  $Br^{87}$  ଅସ୍ଥାୟୀ ଏବଂ ଏଥିରେ  $\beta$ -ବିକିରଣ ଦିଅଁ ଏହା  $Kr^{87}$  ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।  $Kr^{87}$  ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ଅତ୍ୟଧିକ ଉତ୍ତେଜିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେମାନଙ୍କର ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ନିଉଟ୍ରନ୍ ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତିଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍-ଗୁଣିକ ଶୀଘ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରି ସ୍ଥାୟୀ  $Kr^{86}$  ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଅଳ୍ପ ଉତ୍ତେଜିତ, ଅନ୍ୟ  $Kr^{87}$  ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ  $\beta$ -ବିକିରଣ ଦିଅଁବା ଦ୍ଵାରା ଏହା ସ୍ଥାୟୀ  $Sr^{87}$  ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।



ସଂଖ୍ୟାର ସମଷ୍ଟି  $95+139+2=236$  । ଏହି ସଂଖ୍ୟା ମୂଳ ନିଉକ୍ଲିୟସର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଡାହାଣ ଅଭିଜିହ୍ୱା ପ୍ରାରମ୍ଭ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ନିଉଟ୍ରନ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟାର ସମଷ୍ଟି ସହ ସମାନ  $(235+1)=236$

ବିଭକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ଏକ ମହତ୍ତ୍ୱ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଧର୍ମ ହେଲା ତେଜସ୍ୱିୟତା । ତାହାଲିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦନ ପରେ ମଧ୍ୟ ବିଭଜିତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଅତିଭାରୀ (Over Loaded) ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ କାଲେକ୍ଟିନ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରି  $\beta$ -ବିଘଟନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି ।  $\beta$ -ବିଘଟନରେ ଗାମା କ୍ୟୁଣ୍ଡା ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ । ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାୟୀ ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ପରିଣତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ବହୁବାର  $\beta$ -ବିଘଟନ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଗୋଟିଏ ଖଣ୍ଡର ପରିଣତ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଉ ।



ବିଭଜନରୁ ମୁକ୍ତ ଶକ୍ତି (Energy Released in Fission) :—

୧ । ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡର ବସ୍ତୁତ୍ୱରୁ ଶକ୍ତିର ଅଟକଳ

(Estimation of Energy from the Mass of Fission Fragments)

ବିଭନ୍ନ ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ u-235 ବିଭଜନରୁ ସାଧାରଣତଃ ଯେଉଁ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଅନ୍ତି ସେମାନଙ୍କ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 95 ଓ 139 ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ସମଷ୍ଟି 234 । ଅବଶିଷ୍ଟ 2 ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏକକ (amu), ବିଭଜନ ସମୟରେ ମୁକ୍ତ ହୁଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ର । u-235ର ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 235.124 amu ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ର ଏହା 1.0089 amu । ସ୍ଥାୟୀ ଆଇଜୋଟୋପ 95 ଡାହାଣ 139ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ 94.945 ଓ 138.955 amu ଅଟେ । ଅତଏବ  $\Delta m$  (ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅନ୍ତର)  $= 235.124 + 1.0089 - 94.945 - 138.955 - 2 \times 1.0089 = 0.215$  amu. । ତେଣୁ ଏହି ବିଭଜନରୁ ମୁକ୍ତ ଶକ୍ତି  $= 0.215 \times 931 = 200$  Mev. । ଯଦି ବିଭଜନରୁ ମୁକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହାଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହୁଏ ତେବେ ବିଭନ୍ନ ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ u-235 ବିଭଜନରୁ ହାସଲହାରି 195ରୁ 200 Mev ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।





ଏକ କିଲୋଗ୍ରାମ  $u-235$ ର ବିଭଜନରୁ କେତେ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇପାରିବ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ ।  $u-235$ ର ଏକ ଗ୍ରାମ ପରମାଣୁ (One gram atom)ରେ  $6.02 \times 10^{23}$  ପରମାଣୁ ଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ଏକ କିଲୋଗ୍ରାମ  $u-235$ ର ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଶକ୍ତି ।

$$= \frac{1,000}{235} \times 6.02 \times 10^{23} \times 184 = 4.75 \times 10^{26} \text{ Mev}$$

$$= 1.8 \times 10^{10} \text{ କିଲୋ କ୍ୟାଲୋରୀ}$$

$$\approx 20,000 \text{ କିଲୋୱାଟ୍ ଆର୍ଡ୍ସ୍}$$

## ବିଭଜନୀୟ, ଉତ୍ତର ପଦାର୍ଥ (Fissile and Fertile materials)

$u-235$ ରେ ବିଭଜନର ସମ୍ଭାବନା ଖୁବ୍ ଅଧିକ, କିନ୍ତୁ  $u-238$ ରେ ଏହାର ସମ୍ଭାବନା ଖୁବ୍ କମ୍ । ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁରାନିୟମ୍ରେ  $u-238$  ଶତକଡ଼ା 99.28 ଭାଗ,  $u-235$  ଶତକଡ଼ା 0.71 ଭାଗ ଓ  $u-234$  ଶତକଡ଼ା 0.01 ଭାଗ ଥାଏ ।  $u-238$ ର 139ଟି ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ମାତ୍ର ପରମାଣୁ ହେଉଛି  $u-235$  ।

$u-238$  ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି  $u-239$ ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି  $u-239$  ପରମାଣୁ ଅସ୍ଥାୟୀ ଏବଂ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି ନେପ୍ଚୁରିୟମ୍-239ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ନୂତନ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟ ଅସ୍ଥାୟୀ ଏବଂ ଆଉ ଏକ  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି ଏହା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍-239ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍-239 ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଟେ ଏବଂ ଖୁବ୍ ଧୀରେ ଧୀରେ  $\alpha$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ ।  $u-235$  ଭଳି  $pu-239$ ରେ ମଧ୍ୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା ବିଭଜନ ସମ୍ଭବ । ତେଣୁ ଏହି  $pu-239$  ଏକ ବିଭଜନୀୟ ପଦାର୍ଥ ।

$u-238$  ଏକ ଉତ୍ତର ପଦାର୍ଥ । କାରଣ ଏଥିରୁ ଏକ ବିଭଜନୀୟ ପଦାର୍ଥ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରେ । ପ୍ରକୃତିରେ ଥୋରିୟମ୍ ଅନ୍ୟ ଏକ ଉତ୍ତର ପଦାର୍ଥ, ଏହା ପୂର୍ବପୁର ଆଇସୋଟୋପ୍  $Th-232$  (90 ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ 142 ନିଉଟ୍ରନ୍) । ଥୋରିୟମ୍-232 ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ଥୋରିୟମ୍-233ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ଥୋରିୟମ୍-233 ଗୋଟିଏ  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନକରି ପ୍ରୋଟୋଆକ୍ଟିନିୟମ୍-233ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହା ଆଉ ଏକ  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି  $u-233$ ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ନୂତନ ଆଇସୋଟୋପ୍  $u-233$  ବିଭଜନୀୟ ।

$u-238$  ଓ  $Th-232$  ଉଭୟେ ଉଷର ପଦାର୍ଥ ଏବଂ ପୃଥିବୀର ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ ମିଳିଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତିରେ କେବଳ ଏକମାତ୍ର ବିଭଜନୀୟ ପଦାର୍ଥ ମିଳିଥାଏ, ତାହା ହେଲା  $u-235$  । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ଏହି  $u-235$ ର ଦାନ ଅତୁଳନୀୟ ।

### ନିଉଟ୍ରନ୍ ର ଉପଯୋଗୀ ବିଭଜନ ଗୁଣାଙ୍କ (Useful Fission Factor of Neutrons)

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ଵାରା ନେତେରୁଡ଼ିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶେଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସବୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବିଭଜନରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରି ନଥାନ୍ତି । ଯଦି ବିଭଜନର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ (fission cross section)  $\sigma_f$  ହୁଏ ଏବଂ ଅବଶେଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ (Absorption cross section)  $\sigma_a$  ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତି ବିଭଜନରେ ପ୍ରାପ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିମ୍ନୋକ୍ତମେ ବ୍ୟକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

$$\eta = \left[ \frac{\sigma_f}{\sigma_a} \right]_u = \left[ \frac{\sigma_f}{\sigma_f + \sigma_a} \right]_u \quad \text{। ଏଠାରେ } \sigma_f \text{ ଅଭିଫିୟା ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ}$$

u ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ସଂଖ୍ୟା

#### ସାରଣୀ—4

ସମ୍ଭାବ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍	u	$\sigma_f$	$\sigma_a$	$\eta$
${}_{92}u^{235}$ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ 100%	2.43	582 ବାରନ୍	101 ବାରନ୍	2.07
${}_{92}u^{235} + u^{238}$ ପ୍ରାକୃତିକ	2.47	4.18 ବାରନ୍	3.50 ବାରନ୍	1.34
${}_{92}u^{233}$	2.50	523 ବାରନ୍	57 ବାରନ୍	2.29
${}_{94}Pu^{239}$	2.89	742 ବାରନ୍	284 ବାରନ୍	2.08

$u-233$ ର ବିଭଜନ ଖୁବ୍ ଉତ୍ତମ ଉପାୟରେ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍-  
ସୃଷ୍ଟିକ ପ୍ରକଳନ ଶାସ୍ତ୍ରରୁ (Breeder Reactor) କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରାପ୍ତ  
ହୋଇଥାନ୍ତି । ଭାରତରେ  ${}_{90}Th^{232}$  ସଂରାପଣା ଅଧିକ ମହଲୁକ୍ ଅଛି, ତେଣୁ ଭାରତୀୟ

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାଣ୍ଡିଆର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଗୁଡ଼ିକରେ  $u-233$  ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁରାନିୟମରୁ  $1.34$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହେବାପରେ ବିଶୁଦ୍ଧ  $u-235$ ରୁ  $2.07$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ମିଳିଥାଏ । (ଉପରେକ୍ତ ସାରଣୀ ୪ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି) ଯଦି ଯୁରାନିୟମ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଶତକଡ଼ା  $10$  ଭାଗ  $u-235$  ଦ୍ଵାରା ସମୃଦ୍ଧ (Enriched) କରାଯାଏ ତେହେଁ ଏହାପାଇଁ  $1.34$ ରୁ  $2.00$  କୁ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ଅଧିକାଂଶ ବ୍ୟବହାରିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ  $u-235$  ଶତକଡ଼ା  $10$  ଭାଗ ସମୃଦ୍ଧ ହେବା ପରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ଶତକଡ଼ା  $100$  ଭାଗ ସମୃଦ୍ଧ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ପଡ଼େ ନାହିଁ ।

## ବିଭଜନ ଚେନ ଅଭିଫିୟା (The Fission Chain Reaction)

ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ବିଭଜନ ଚେନ ଅଭିଫିୟା ସ୍ଵୟଂଚାଳିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ମନେକର ଯୁରାନିୟମର ଖୁବ୍ ବଡ଼ ଧାତୁମଳ (Slug) ଅଛି ଏବଂ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ ହୋଇ  $2\frac{1}{2}$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିର୍ଗତ ହୁଏ । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵୟ ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ କରିବା ଦ୍ଵାରା  $4\frac{1}{2}$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିର୍ଗତ ହୁଏ । ଏହିପରି ବିଭଜନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ (Fissioning nucleus) ଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ବଢିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି ।

ଏକାଦଶ ଚେନ ଅଭିଫିୟା କେତେଗୁଡ଼ିଏ ସୀମିତ ପରିସ୍ଥିତି ମଧ୍ୟରେ ହୋଇଥାଏ । କାରଣ ବିଭଜନପ୍ରସ୍ତୁତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ କେବଳ ଯେ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ କରିଥାନ୍ତି ତାହାକୁହେଁ । ତାଛଡ଼ା ଅନ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ଅଭିଫିୟାରେ ମଧ୍ୟ ଭାଗ ନେଇଥାନ୍ତି । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ବହୁତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଧାତୁମଳ ମଧ୍ୟଦେଇ ବହିର୍ଗମନ କରିଥାନ୍ତି । ସୁତରାଂ ବିଭଜନରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ କେତେକ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ କରିଥାନ୍ତି ।

ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ଗୁଲୁ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ହାତୁଡ଼ା ବିଭକ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଏବଂ ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅନ୍ୟ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥିରୁ ଗୁଣନଗୁଣାଙ୍କ ଜଣାପଡ଼େ ।

## ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ (Multiplication Factor) :—

ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ଚୌଷ୍ଠ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥିତି (Stage)ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ତାର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିର ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାର ଅନୁପାତକୁ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ  $K$  କହନ୍ତି ।  $K$ ର ମାନ  $1$ ରୁ ଅଧିକ ହେବାପରେ ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ । ମନେକର

କୌଣସି ସ୍ଥିତିରେ 100 ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅଛନ୍ତି । ଯଦି  $K=1$  ହୁଏ ତେବେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିରେ ମଧ୍ୟ 100 ନିଉଟ୍ରନ୍ ରହିବେ । ଯଦି  $K=1.01$  ହୁଏ ତେବେ ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ଥିତିରେ  $100 \times 1.01 = 101$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ଏବଂ ତୃତୀୟ ସ୍ଥିତିରେ  $101 \times 1.01 = 102$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ହେବେ । ଏହିପରିପରବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିମାନଙ୍କରେ ମଧ୍ୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବଢ଼ିବାକୁ ଲାଗିବେ । ଯଦି କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥିତିରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା  $n$  ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତି ପରବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିରେ ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା  $n(K-1)$  ଅନୁପାତରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ ।

ବିଭଜନରୁ ନିର୍ଗତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଗାତ୍ ଅନ୍ୟ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ପସ୍ତାକ୍ଷୀୟ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଅଳ୍ପ ସମୟ ଟି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୌଣସି ଅଭିଞ୍ଚିତ ହୋଇ ନାହିଁ । ଏହି ସମୟ ଟିକୁ ଏକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସ୍ଥିତିର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ (Mean life time) କହନ୍ତି ।  $\Delta t$  ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା  $\Delta n$  ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରକାରରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

$$\Delta n = n(K-1) \frac{\Delta t}{T}$$

ଯଦି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥା  $t_0$  ରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା  $n_0$  ହୁଏ ତେବେ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ  $t$  ପରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା  $n$ , ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଇଥାଏ ।

$n = n_0 e^{(K-1)t/T}$ , ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧି ସହ ବିଭଜନସଂଖ୍ୟା ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଫଳ ସ୍ୱରୂପ ଶକ୍ତି ସ୍ତରରେ (Power level) ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ଘଟିଥାଏ । ଯଦି ବିଭଜନ ଠିକ୍ ସଂଖ୍ୟାରେ ହେଉଥାଏ ତେବେ  $K$ କୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରି  $K=1$  କରାଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତିବୃଦ୍ଧି ବନ୍ଦ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି  $K < 1$  ହୁଏ ତେବେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତି ଗୁଡ଼ିକରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ଏବଂ ଚେନ୍ ଅଭିଞ୍ଚିତାକୁ ଚାଲୁ ରଖିବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇପଡ଼େ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତିସ୍ତର କ୍ରମେ ହ୍ରାସପାଇ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ ।

ଶକ୍ତିବୃଦ୍ଧି ନିମ୍ନ  $K > 1$  ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରକୃତିରେ ମିଳୁଥିବା ଭାରୀ ମୌଳିକବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ ସୁରାନିୟମ୍ ଓ ପୋରାନିୟମ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭଜନୀୟ । ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରାନିୟମ୍ ମୁଖ୍ୟତଃ ଦୁଇଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ହେଲେ,  $u-235$  ଓ  $u-238$  । ଏମାନଙ୍କର ବିଭଜନ ଅଭିଞ୍ଚିତା ଭିନ୍ନ ଅଟେ ।  $u-238$  ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ କେବଳ ଡ୍ରା (Fast) ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭଜିତ ହୋଇଥାଏ ( $E > 1.1 \text{ Mev}$ ) । କିନ୍ତୁ

u-235 ଉଭୟ ଖବ୍ଧ ଧୀର ଚିତ୍ତନ୍ ଦ୍ଵାରା ବିଭଜିତ ହୁଏ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି 1.1 Mev ରୁ ହ୍ରାସପାଇଲେ ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ u-238 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଅସମର୍ଥ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ u-235 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ବିଭଜନ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଯେଉଁଥିରେ u-235 ଅଧିକ ଥାଏ ସେଥିରେ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କକୁ 1 ବା ତାଠାରୁ ଅଧିକ କରାଯାଇ ସହଜ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଧାତୁମଳ ବଡ଼ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଏ ସବୁ ସମ୍ଭବ ହୁଏ ଏବଂ ଧାତୁମଳରୁ ବହିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଅତି ନଗଣ୍ୟ ହୁଏ ।

ସୁରାନ୍ୟସ୍ରେ ଦୁଇପ୍ରକାର ବିଭଜନ ଚେନ୍ ଅଭିଯାନ ସମ୍ଭବ । ପ୍ରଥମତଃ ସୁରାନ୍ୟସ୍ରେ ଏହାର ଅନ୍ୟସ୍ଥ u-235 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ଚୁକ୍ତି । ଏହାଦ୍ଵାରା u-238 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ଵାରା ଅବଶୋଷିତ ହେଉଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ର ଶତକଡ଼ା ହାର ହ୍ରାସପାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଖବ୍ଧ ତଥା ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା ଅଭିଯାନ ଗୁରୁ ରଖାଯାଇ ପାରେ ।

ଦ୍ଵିତୀୟତଃ ନିଉଟ୍ରନ୍ର ଶକ୍ତି ହ୍ରାସକରି ଯଦି ଏହାର ଗତି କମାଇ ଏହାକୁ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ କରିଯାଇପାରେ ତେବେ ଏହା ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରାନ୍ୟସ୍ରେ ବିଭଜନ ଚେନ୍ ଅଭିଯାନ ଗୁରୁ ରଖିପାରେ । କାରଣ ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରାନ୍ୟସ୍ରେ u-238 ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ, ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରିବାର ସମ୍ଭାବନା u-235 ରେ ଅଧିକ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମୁଖ୍ୟତଃ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା ବିଭଜନ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହି ଉଭୟ ପ୍ରକାର ବିଧି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ର ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଯଦି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କକୁ ଖୁବ୍ ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ  $K > > > 1$ , ତେବେ ଏହା ଏକ ଅନୟନ୍ତ୍ରିତ ଅଭିଯାନ (Un controlled Reaction)ରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଆଣବିକ ବିସ୍ଫୋରଣ (Atomic Explosion) ଘଟାଇଥାଏ । ଏହା ଆଣବିକ ବୋମାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଯଦି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ ଏକ ଅପେକ୍ଷା ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ହୁଏ, ତେବେ ଏହି ଚେନ୍ ଅଭିଯାନ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୋଇ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୋଲ୍ଡ୍‌ସ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

Physics  
by Professor  
University

# ଦ୍ଵିତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର (Nuclear Reactors)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର ଏପରି ଏକ ଉପକରଣ (Apparatus) ଅଟେ ଯହିଁରେ ବିଭିନ୍ନ ଚେନ୍, ଅଭିଯୋଗକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରି ରଖି ରଖାଯାଇଥାଏ । ରିଆକ୍ଟରରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କର ଗୁଣ ଅନୁସାରେ ରିଆକ୍ଟର ଗୁଡ଼ିକ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ନିମ୍ନରେ ଏହା ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଗଲା ।

### ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି ଅନୁସାରେ (According to Neutron Energy)

୧ । ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟର (Fast Reactor) :—ଯେଉଁ ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକରେ ଡାକ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା ବିଭଜନ ହୋଇଥାଏ, ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଡାକ୍ ରିଆକ୍ଟର କହନ୍ତି । ଏଥିରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ର ଗତି ହ୍ରାସ ନିମ୍ନ ଲେଖି ମନ୍ଦକରଣ (Moderator materials) ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ନଥାଏ । ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ସମୃଦ୍ଧ  $u-235$  ବା  $u-233$  ଏବଂ  $Pu^{239}$  ବସ୍ତୁମାନଙ୍କରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତିସ୍ତର (High Power level)ରେ ଏହା କାମ କରୁଥାଏ । ଏହି ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଜନକ ବା ପାଉଁର ରିଆକ୍ଟର ଭାବେ ଖୁବ୍ ଉପଯୋଗୀ ।

### ୨ । ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ରିଆକ୍ଟର (Intermediate Reactor)

ଯେଉଁ ରିଆକ୍ଟରରେ ମଧ୍ୟଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ସେଗୁଡ଼ିକୁ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ରିଆକ୍ଟର କହନ୍ତି । ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ନିଉଟ୍ରନ୍ଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି, ତାପୀୟ ଶକ୍ତିରୁ ଆରମ୍ଭ କରି କିଛି Kev ହୋଇଥାଏ । ନୌକାହାଳ ଇଂଜିନ୍, ରୂପାନ୍ତରଣ ତଥା ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନରେ ଏହି ରିଆକ୍ଟର ଗୁଡ଼ିକ ବିଶେଷ ଉପଯୋଗୀ ।

## ୩ । ଧୀର ଶିଖାକ୍ଷର ବା ତାପୀୟ ଶିଖାକ୍ଷର

(Slow Reactor or Thermal Reactor)

ସାଧାରଣତଃ ଏହି ଶିଖାକ୍ଷରଗୁଡ଼ିକ ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିଭିନ୍ନ ନିମ୍ନତମ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ହାରାହାରି ଶକ୍ତି  $0.025 \text{ eV}$  । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗତି ହ୍ରାସ ନିମ୍ନତମ ଉପଯୁକ୍ତ ମନ୍ଦକରଣର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇ ଥାଏ । ଭରଣୀୟ ଶିଖାକ୍ଷର ସମୂହ ଅପସରା (Apsara), ସାଇରସ (CIRUS) ଏବଂ ଜରଲିନା (ZERLINA) ଏହି ଶିଖାକ୍ଷର ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ।

### ଶିଖାକ୍ଷରଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇ ନାମକ ହୋଇଥାନ୍ତି

ବ୍ୟବହୃତ ଇନ୍ଦନ ଅନୁସାରେ :—(According to the Fuel Use)

- ୧ । ଶକ୍ତିତା  $0.72$ ,  $u-235$  ଥାଇ ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁରାନିୟମ୍ ।
- ୨ । ଶକ୍ତିତା  $0.72$ ରୁ ଅଧିକ  $u-235$  ଥାଇ ସମ୍ପୃକ୍ତ ଯୁରାନିୟମ୍ ।
- ୩ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍— $239$  ( $Pn^{239}$ )
- ୪ । ଯୁରାନିୟମ୍— $233$ . ( $u-233$ )

ଶିଖାକ୍ଷରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ମନ୍ଦକ ଅନୁସାରେ :—

(According to the moderators)

- ୧ । ଗ୍ରାଫାଇଟ୍,
- ୨ । ଜଳ
- ୩ । ଭାରଜଳ ( $D_2O$ )
- ୪ । ବେରିଲିୟମ୍ ବା ବେରିଲିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ।

ଇନ୍ଦନ—ମନ୍ଦକ ସମାବେଶ ଅନୁସାରେ  
(According to the Fuel-Moderator Assembly)

୧ । ବିଷମ ଜାତୀୟ (Heterogenous) :—ସାଧାରଣତଃ ବିଷମ ଜାତୀୟ ଶିଖାକ୍ଷର ସମାବେଶ ବହୁଳ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାକାର ଉଦାହରଣ



(Design) ରେ ଇନ୍ଦନ, ଛତ, ପ୍ଲେଟ୍ ବା ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ରୂପେ ମନ୍ଦନ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ନିୟମିତ ଭାବେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଗାଫାଇଟ୍, ବେରିଲିୟମ ଭଳି ଘନ (Solid) ମନ୍ଦନ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ଵାରା ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରକ୍ଷିତରେ କ୍ରିଟିକାଲିଟି (Criticality) ହୋଇପାରେ । ଏ ପ୍ରକାର ମନ୍ଦନ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ଵାରା ଗଠାକୃତିର ଆକାର ମଧ୍ୟ କମିଯାଇଥାଏ ।

**ସମଜାତୀୟ (Homogenous)** — ଇନ୍ଦନ ଓ ମନ୍ଦନ ସମାନୁପାତରେ ମିଶ୍ରିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ମିଶ୍ରଣ କଠିନ ବା ତରଳ ଦ୍ରବଣ ହୋଇପାରେ ।

### ବ୍ୟବହୃତ ଶୀତଳକ ଅନୁସାରେ (According to the Coolant used)

- ୧ । ବାୟୁ, କାରବନ ଡାଇଅକ୍ସାଇଡ୍ ବା ହିଲିୟମ୍ ।
- ୨ । ଜଳ ବା ଅନ୍ୟ ତରଳପଦାର୍ଥ ।
- ୩ । ତରଳ ଧାତୁ ।

### ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ଅନୁସାରେ (The purpose)

- ୧ । ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ (Research purposes)
- ୨ । ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁର ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ (Production of Fissile Materials)
- ୩ । ପାୱାର ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ (Generation of Power)

ଉଦାହରଣ ସ୍ଵରୂପ ବ୍ରୁକ-ହାଭେନ ଜାତୀୟ ପରୀକ୍ଷାଗାରର ଗଠାକୃତିର ଡାଇଗ୍ରାମ୍ ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରକ୍ଷିତ ଗାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦନ ବିଶେଷ ଜାତୀୟ ବାୟୁ ଶୀତଳକ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟା ଗଠାକୃତିର (Thermal, Natural Uranium, graphite moderated heterogenous, air cooled research reactor) କହନ୍ତି ।

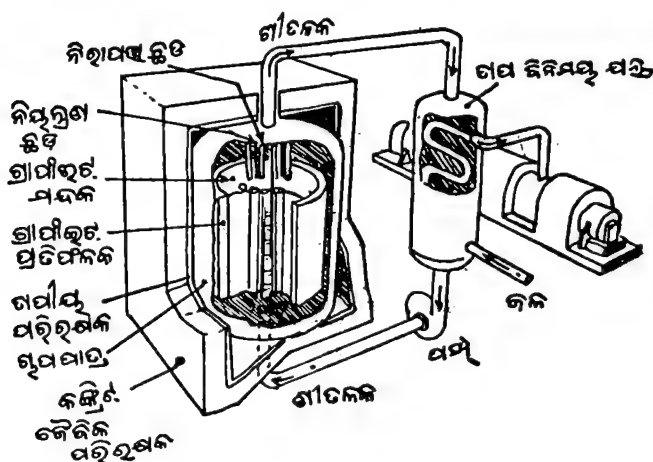
### ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାରପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଅଂଗ (Essentials of a Nuclear Power Plant)

#### ୧ । ଗଠାକୃତିର କୋର (The Core of the Reactor) :—

ଗଠାକୃତିର କୋରରେ ଏକ ଗାଫାଇଟ୍ ସିଲିଣ୍ଡର ଲମ୍ବୁଭଳି ଦଣ୍ଡାୟମାନ ହୋଇଥାଏ । ନିୟମିତ ରୂପେ ସଜ୍ଜିତ ସବୁନଳିଗୁଡ଼ିକ (Channels) ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ଲମ୍ବୁ

ସହଜ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବେ ଗଢ଼ କରାଯାନ୍ତି । ସ୍ଥୂଳ ସ୍ଥୂଳ କୋଷରେ ଇନ୍ଦନ ଛଡ଼ାନ୍ତି ଏହି ନଳି ମଧ୍ୟରେ ପକାଇଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନ ମନ୍ଦକ ବସ୍ତୁରୂପେ, ଭାଗଜଳ ଓ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସମ୍ପୃକ୍ତ ସୁରାବିସମରେ ସାଧାରଣ ଜଳ, ନିଉଟ୍ରନର ମନ୍ଦକ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଏ ।

**୨। ପ୍ରତିଫଳକ (The Reflector) :—** ଶିଖାକୂଟର ଡୋଡ଼ର ଚତୁର୍ଥାଶ୍ଚରେ ଏହି ପ୍ରତିଫଳକ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଏହା ଏକ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ଫର୍ମା ସିଲିଣ୍ଡର । ଡୋଡ଼ ମଧ୍ୟରୁ ବହୁଗତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଏହି ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ପ୍ରତିଫଳକରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ପୁନର୍ବାର ଡୋଡ଼ ମଧ୍ୟକୁ ଫେରିଯାଇଥାନ୍ତି । ମନ୍ଦକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକ ଏକ ପ୍ରକାର ବସ୍ତୁରେ ଗଠିତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-୮)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଅଂଗ  
(Essentials of a Nuclear Powerplant)

**ଶୀତଳ କରବା ପଦ୍ଧତି (The cooling system):—**

ଶିଖାକୂଟର ଡୋଡ଼ରୁ ମୁକ୍ତ ତାପକୁ ବହନ କରବା କାର୍ଯ୍ୟ ଏ ପଦ୍ଧତିର ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ଏଥିରେ ଥିବା ନଳୀ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଶୀତଳକକୁ (coolant) ଫର୍ମା ସାହାଯ୍ୟରେ ପଠାଯାଏ । ଶିଖାକୂଟର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗଢ଼ କଲବେଲେ ଏହି ଶୀତଳକ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରାଏ

ଏବଂ ଏହି ତାପକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ମାଧ୍ୟମକୁ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର (Heat Exchanger) ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରି ସୁନକାର ଗିଆକ୍ଟରକୁ ଫେରାଆସେ । ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଜଳ ଫୁଟି ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ବାଷ୍ପଦ୍ୱାରା ଟରବାଇନ୍ (Turbine) ଚାଲେ । ଟ୍ୟାଣ୍ଟ, ସାଧାରଣ ଜଳ, ଭାଷିକଳ ଏବଂ ତରଳ ଧାତୁ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

**୪ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପଦ୍ଧତି (The Control System) :**— ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଚେନ୍ ଅଭିଯାନ ତଥା ଶକ୍ତିସ୍ତର ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାର କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଅଂଶ ମଧ୍ୟରୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଅନ୍ୟତମ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୋଷଣ ଯମ ଧାତୁ କ୍ୟାଡମିୟମ ଓ ବୋରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ର ସ୍ଥିତିକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବହୁଗୁଡ଼ିଏ କଲେକ୍ଟର ନିକ୍ ତଥା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ମେକାନିକ (Electro mechanical) ଯନ୍ତ୍ର ଥାନ୍ତି । ଏତଦ୍ ବ୍ୟତୀତ ଆଉ କେତେକ ନିରାପଣ ଛଡ଼ (Safety Rods) ଥାନ୍ତି । ଏମାନେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ବ୍ୟତୀତ ସ୍ୱାଧୀନଭାବେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୋଷଣ କରିଥାନ୍ତି । ଯଦି ଗିଆକ୍ଟର ହଠାତ୍ କୌଣସି ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୁଏ ତେବେ ଏହାର ନିରାପଣ ନିମିତ୍ତ ଏହି ନିରାପଣ ଛଡ଼ ଗିଆକ୍ଟରକୁ ପୁରାପୁରା ଭାବେ ବନ୍ଦ କରିଦିଏ ।

**୫ । ପରିରକ୍ଷକ ( Protective Shield ) :**— ବିଭିନ୍ନରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ବିକିରଣ ତଥା ତେଜସ୍ବିୟ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ବିକିରଣରୁ କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କୁ ରକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହି ପରିରକ୍ଷକ ଆବଶ୍ୟକ । ଷ୍ଟିଲ୍ (Steel) ନିର୍ମିତ ତାପୀୟ ପରିରକ୍ଷକ (Thermal shield) ଗିଆକ୍ଟରକୁ ପୁରାପୁରା ଘେରି ରହିଥାଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ କଂକ୍ରିଟ୍ ଜୈବିକ ପରିରକ୍ଷକ (Concrete Biological Shield) ଏହି ତାପୀୟ ପରିରକ୍ଷକ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ବରେ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଖୁବ୍ କମ୍ ତେଜସ୍ବିୟ ପଦାର୍ଥ ବ୍ୟତୀତ ପଦ୍ମସ୍ଥ ଥାଏ । ତେଣୁ ଏହା ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ବରେ ପରିରକ୍ଷକ ପ୍ରାୟ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ ।

### ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନଗୁଣାଙ୍କ (Neutron Multiplication Factor)

ଗିଆକ୍ଟର ଛୋଟ ନିର୍ମାଣ ସମୟରେ, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ  $K$  ର ମାନ କିପରି 1 ରୁ ଅଧିକ ହେବ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଇଥାଏ । ପ୍ରତି ବିଭିନ୍ନରେ ହାରାହାରି 2.5 ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ମନେକରି କୌଣସି ଏକ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଚେନ୍ ଅଭିଯାନରେ ଯଦି 100ଟି ବିଭିନ୍ନ ହୁଏ ତେବେ ଏହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଅଭିଯାନରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବିଭିନ୍ନ ନିମ୍ନତମେ ହୋଇଥାଏ ।

100 ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍  $u^{235}$  ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ବିଭଜନ ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି ।



250 ଟାପ୍ ବିଭଜନ-ନିଉଟ୍ରନ୍ ଫୋଡ଼ରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଅନ୍ତି ।



→ 20 ଟାପ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଫୋଡ଼ରୁ ଖସି ପଳାନ୍ତି (Escape)



→ 90 ଟାପ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍, ଧୀରହେବା ଅବସ୍ଥାରେ  $u^{238}$  ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୁଅନ୍ତି  
| (ବିଭଜନ ବ୍ୟତୀତ)



140 → ନିଉଟ୍ରନ୍ ମନ୍ଦିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।



→ 10 ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଫୋଡ଼ରୁ ଖସି ପଳାନ୍ତି ।



130 ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଫୋଡ଼ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୁଅନ୍ତି ।



→ 30 ନିଉଟ୍ରନ୍  $u^{235}$  ରେ (ବିଭଜନ ବ୍ୟତୀତ), ମନ୍ଦକ ଓ ଶୀତଳକ ଇତ୍ୟାଦିରେ  
| ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।



100 ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍  $u-235$  ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ନୂତନ ବିଭଜନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି ।

ଅତଏବ ଅଭିଜିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଅଭିଜିୟା ଶେଷରେ ପ୍ରାୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାସହ ସମାନ । ଏପରି ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂତୁଳନ (Balance) ଦ୍ଵାରା ଚେନ୍ ଅଭିଜିୟା ସ୍ଵୟଂଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଅସୀମ କୋଡ଼ରେ (Infinite Core) ହ୍ରାସ ହେଉଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଅତି ନଗଣ୍ୟ ଅଟେ । ତେଣୁ ସାଧାରଣ ଭାବେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂତୁଳନ ଆଲୋଚନା କରିବା, ମନେକରି କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟରେ ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରକ୍ଷାମୟରେ  $n$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷିତ ହୁଅନ୍ତି । ଯଦି ସମସ୍ତ ଅବଶୋଷିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନୂତନ ବିଭଜନ କରନ୍ତି, ତେବେ ବିଭଜନପରେ  $n \nu$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହେବେ । ଏଠାରେ  $\nu$ , ବିଭଜନରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ଟାପ୍

ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାର ମାଧ୍ୟ (Mean) ଅଟେ । ( $u^{2.35}$  ନିମ୍ନର  $v=2.5 \pm 0.1$ ), କେତେକ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍  $u-235$  ଓ  $u-238$  ଦ୍ଵାରା ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ମଧ୍ୟ ବିଭଜନ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ତେଣୁ ଏର ପ୍ରଭାବ ମାନ (Effective Value) (ଦ୍ରାହାଣ ଦ୍ଵାରା ସୂଚିତ) ଅଳ୍ପ ଅଟେ । ସ୍ଫୁରନସ୍ପନ୍ନ ସମ୍ବନ୍ଧ ହେଲେ ଏର ମାନ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ ।

ଅତଏବ  $n$  ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ର ଅବଶୋଷଣ ହେତୁ  $n$  ଗଠନ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇ ପରେ ପରେ ଧୀର ହୋଇଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଧୀର ହେବା କାଳରେ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅତିଶକ୍ତ ସ୍ଫୁରନସ୍ପନ୍ନରେ ବିଭଜନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏହା-ଦ୍ଵାରା ଦ୍ଵିତୀୟକ (Secondary) ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାରେ କିଛି ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ଶୀଘ୍ର ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଅତିଶକ୍ତ ଦ୍ଵିତୀୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଏ ଦ୍ଵାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ପରଶାମ ସ୍ଫୁରଣ  $n$  ଧୀରନିଉଟ୍ରନ୍ ର ଅବଶୋଷଣରୁ  $n$  ଗଠନ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ସସାମ୍ୟ ତାପୀୟ ବେଗ ଆହରଣ କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ଧୀର ହେଉଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ବିଭଜନ ବ୍ୟାପକ ମୁଖ୍ୟତଃ  $u-238$  ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଯଦି ରେଜୋନାନ୍ସ ଉତ୍ସର୍ଜନ ପ୍ରାୟିକତା (Resonance Escape Probability)  $p$  ସଙ୍କେତ ଦ୍ଵାରା ସୂଚିତ ହୁଏ ତେବେ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା  $n \neq p$  ହେବ । ସ୍ଫୁରନସ୍ପନ୍ନ ବା ମନ୍ଦର ଦ୍ଵାରା ଅବଶୋଷିତ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସେହି ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟରେ ଘୁରି ବୁଲନ୍ତି । ସ୍ଫୁରନସ୍ପନ୍ନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକଙ୍କୁ ଅବଶୋଷଣ କରିଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏହି ଅବଶୋଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ  $f$  କୁ ତାପୀୟ ଉପଯୋଗିତା ଗୁଣାଙ୍କ (Thermal Utilisation Factor) କହନ୍ତି । ଅଭିନିୟା ପ୍ରାୟରେ ଅବଶୋଷିତ  $n$  ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନାରେ ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍ଫୁରନସ୍ପନ୍ନ ଦ୍ଵାରା ଅବଶୋଷିତ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା  $n \neq pf$  ଅଟେ ।

ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ  $K$ , କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥିତିରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ଓ ତାର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ସଂଖ୍ୟାର ଅନୁପାତ ସହ ସମାନ ।

$$K = \frac{n \neq pf}{n} = \neq pf$$

ଏହାକୁ “ଘୁରି ଗୁଣାଙ୍କ ସୂତ୍ର” କହନ୍ତି । ଏହି ସୂତ୍ରର ପ୍ରଥମ ଦୁଇ ଗୁଣାଙ୍କ ସ୍ଫୁରନସ୍ପନ୍ନର ଧର୍ମ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରନ୍ତି । ଏବଂ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଦୁଇଗୁଣାଙ୍କ (ସ୍ଫୁରନସ୍ପନ୍ନ ଓ ମନ୍ଦର ଅନୁପାତ, ସ୍ଫୁରନସ୍ପନ୍ନ ଧାତୁମଲର ଜ୍ୟାମିତିକ ଗଠନ ଓ ମନ୍ଦର ମଧ୍ୟରେ ସେମାନଙ୍କର

ସଜ୍ଜା, ସଜ୍ଜା, ତଥା ସୁରକ୍ଷିତ ଓ ମଜବୁତ ନିଉକ୍ଲିୟ-ଅବଗୋଷ୍ଠ କରୁଥିବା ଅପଦବ୍ୟ) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ତିନୋଟି ଅବସ୍ଥା ଉଦ୍ଧୃତପାରେ ।

(1) ଯଦି  $K > 1$  ହୁଏ,

ତେନ୍ ଅଭିଜିୟା ସ୍ଵୟଂଗୁଳିତ ହୁଏ । ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟା ନିଉକ୍ଲିୟ-ଅବଗୋଷ୍ଠିତ ହୁଅନ୍ତି ତଦପେକ୍ଷା ଅଧିକ ନିଉକ୍ଲିୟ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏ ପ୍ରକାର ସମାବେଶକୁ ଅତି କ୍ରିଟିକାଲ (Super Critical) ସମାବେଶ (Assembly) କହନ୍ତି । ଏଥିରେ କାନ୍ଦନର ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଜାଗରଣ ଦ୍ଵାରା ଅଳ୍ପ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ଶକ୍ତିର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ପରମାଣୁ ବୋମା ନିମିତ୍ତ  $K$ ର ମାନ  $K \gg 1$  ।

(2) ଯଦି  $K \approx 1$  ହୁଏ,

ଯଦି ନିଉକ୍ଲିୟ-ଅବଗୋଷ୍ଠିତ ହୁଏ, ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ସହ ସମାନ ହୁଏ ତେବେ ଏ ପ୍ରକାର ପରିସ୍ଥିତିରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏ ପ୍ରକାର ସମାବେଶ (Assembly) ସ୍ଵୟଂଗୁଳିତ ତଥା କ୍ରିଟିକାଲ (Critical) ଅଟେ । ଶିଳ୍ପ ଓ ଗବେଷଣା କ୍ଷେତ୍ରରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତିର ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ବ୍ୟବହାର ଏହି କ୍ରିଟିକାଲ ସମାବେଶ ଦ୍ଵାରା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ ।

(3) ଯଦି  $K < 1$  ହୁଏ

ତେନ୍ ଅଭିଜିୟା ସ୍ଵୟଂଗୁଳିତ ହୋଇ ନପାରେ । ଉତ୍ପାଦିତ ନିଉକ୍ଲିୟ ସଂଖ୍ୟା ଅବଗୋଷ୍ଠିତ ନିଉକ୍ଲିୟ ସଂଖ୍ୟା ଅପେକ୍ଷା କମ୍ । ଏ ପ୍ରକାର ସମାବେଶକୁ ନିମ୍ନ କ୍ରିଟିକାଲ (Sub-Critical) କହନ୍ତି ।

ମନେକରି ଆସିବା ଯେତେ ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟ ଗୁଣ ଗୁଣାଙ୍କର ମାନ 1ରୁ ସମାନ ଥାଏ ଅଧିକ 1.05 ହେଉ । ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରକ୍ଷିତ ନିମିତ୍ତ 7ର ମାନ 1.3 । ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରକ୍ଷିତ ଏବଂ ଗ୍ରାହ୍ୟତା ଯେତେ ଅଧିକ ଗୁଣାଙ୍କ ନିମିତ୍ତ ୧ର ମାନ 1.03 । ଅତଏବ  $n = 1.3 \times 1.03 = 1.34$  ତେଣୁ  $Pf$ ର ମାନ  $\frac{1.05}{1.34} = 0.78$  ହେବ ।  $p$  ତଥା  $f$

ଉତ୍ପାଦକର ମାନ 1ରୁ କମ୍ ଅଟେ ଏବଂ ଏହା ସୁରକ୍ଷିତ/ମଜବୁତ ଅବସ୍ଥା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯେତେ ମଧ୍ୟରେ ସୁରକ୍ଷିତ ବୃଦ୍ଧି ସହ  $f$ ର ମାନ ବଢ଼େ କିନ୍ତୁ  $p$ ର ମାନ ହ୍ରାସ ପାଏ ।

## କ୍ରୀତିକ ଆକାର (Critical Size)

ବିଭଜନ ନିଉଟ୍ରନ୍, ବିଭଜନ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଘ୍ରାସିତ ହୋଇ 10 ପେ.ମି ଗଠି କରିଥାଏ । ଯଦି ନମୁନା (Sample)ର ଆକାର ଏହି 10 ପେ.ମିରୁ କମ୍ ହୁଏ, ତେବେ ଅଧିକାଂଶ ବିଭଜନ ନିଉଟ୍ରନ୍, ଅତି ଏକ ବିଭଜନ କରି ଅଧିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ନମୁନାର ପୃଷ୍ଠ (Surface) ଅନ୍ତର୍ଦ୍ଧମ କରି ପଳାନ୍ତି । ଯଦି ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁର ଆକାର ଖୁବ୍ ଛୋଟ ହୋଇଥାଏ ତେବେ କୌଣସି ଚେନ୍ ଅଭିଞ୍ଚିୟା ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ । ଝୁବ୍ ବଡ଼ ବଡ଼ ନମୁନାରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷତି (Loss) ର ଶତକଡ଼ା ହାର କମ୍ ଅଟେ । ତେଣୁ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକାରର ଗୋଟିଏ ଚେନ୍ ବିଭଜନ ଦ୍ଵାରା ଉତ୍ପାଦିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା, ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ (Leakage) ଓ ଅବଶୋଷଣ ଦ୍ଵାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ସହ ଠିକ୍ ସମାନ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଆକାରକୁ କ୍ରୀତିକ ଆକାର (Critical Size) କହନ୍ତି ଏବଂ ଏହା ସେହି ଆକୃତି ଯେଉଁଥିରେ ଚେନ୍ ଅଭିଞ୍ଚିୟା ସ୍ଵୟଂଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଗୋଟିଏ ଚେନ୍ ବିଭଜନ ଆକୃତି ଗଣନାରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ । ଯଦି ନିଉଟ୍ରନ୍ ନ ବାହାରିବେ (Non-Escape)ର ପ୍ରାୟାସିକତା  $P$  ହୁଏ, ତେବେ ଚେନ୍ ଅଭିଞ୍ଚିୟା ଗୁଣୁ ଖିବା ନିମିତ୍ତ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ହେଲା ।

$$K_{\text{eff}} = kP = 1.$$

ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକାରର ଫୋଡ଼ ନିମିତ୍ତ  $P$  ର ମାନ ସବୁଦିନ 1ରୁ ଉଠେ । ତେଣୁ  $K$  ର ମାନ 1ରୁ ସବୁଦିନ ଅଧିକ ହୁଏ । ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ଗୋଟିଏ ଚେନ୍ ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ  $K$  ର ମାନ ସବୁଦିନ 1ରୁ ଅଧିକ । ତେଣୁ ସ୍ଵୟଂ-ଚାଳିତ ଅଭିଞ୍ଚିୟା ପ୍ରାୟ ନିମିତ୍ତ  $P$  ର ମାନ  $1/k$  ଅର୍ଥାତ୍ 1ରୁ କିଛି କମ୍ ହୋଇଥାଏ ।

ଫୋଡ଼ର ସବୁ ସ୍ଥାନରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କର ଉତ୍ପତ୍ତି ଫୋଡ଼ର ଆୟତନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ (Leakage) ଫୋଡ଼ର ଏକ ପତଳାସ୍ତର ଦ୍ଵାରା ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ (Surface Area) ସହ ସମାନୁପାତୀ, କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଆୟତନ ଘନ ଅନୁପାତରେ ବଢ଼ିବା ବେଳେ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଏହାର ରୈଖିକ ବସ୍ତୁର (Linear Dimension) ବର୍ଗାନୁପାତରେ ବଢ଼ିଥାଏ । ପରିଣାମ ସ୍ଵରୂପ ବସ୍ତୁର ରୈଖିକ ବସ୍ତୁର ବୃଦ୍ଧି ସଂଗେ ସଂଗେ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଓ ଆୟତନର ଆନୁପାତ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଅତଏବ ଫୋଡ଼ରୁ କ୍ଷରଣ (Leakage) କମ୍ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବା  $P$  ର ମାନ ବୃଦ୍ଧି ନିମିତ୍ତ ଫୋଡ଼ର ଆକାର ବୃଦ୍ଧି କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏକ

ସ୍ଥିତିରେ  $P$ ର ମାନ ଏପରି ହୁଏ ଯେ  $Pk$ ର ଗୁଣଫଳ 1 ସହ ସମାନ ହୁଏ ଏବଂ ଚେନ୍ ଅଭିଜିୟା ଗୁଲୁ ରହିପାରେ । ଏହାକୁ କ୍ରୀଟିକ ଆକୃତି କହନ୍ତି ।

$K$ ର ମାନ ଅଧିକ ହେଲେ  $P$ ର ମାନ କମିଥାଏ ଏବଂ ଗୋଡ଼ର କ୍ରୀଟିକ ଆକୃତି ମଧ୍ୟ କମ ହୋଇଥାଏ । ଯୁରାନୟମ୍ରେ  $U-235$ ର ମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ  $K$ ର ମାନ ମଧ୍ୟ ବଢ଼ିଥାଏ ଏବଂ ସମ୍ଭବ ଯୁରାନୟମ୍ ଉପଯୋଗ କଲେ ଶାସ୍ତ୍ରର କ୍ରୀଟିକ ଆକୃତି ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ଯଦି ପ୍ରତିଫଳକବସ୍ତୁର ଏକତ୍ରର ଗୋଡ଼ର ଚତୁଃପାଶ୍ବରେ ଘେରି ରହେ ତେବେ ଗୋଡ଼ର ଆକାର ମଧ୍ୟ କିଛି ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯେଉଁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଗୋଡ଼ରୁ ବାହାରି ପ୍ରତିଫଳକ ମଧ୍ୟକୁ ଗତି କରନ୍ତି, ସେମାନେ ପ୍ରତିଫଳକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ନିଉକ୍ଲିୟମାନଙ୍କ ସହ ସଂଘଟନ (Collision) କରନ୍ତି । ପ୍ରତି ସଂଘଟନରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗତିପଥ ବଦଳିଥାଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ଗୋଡ଼ ମଧ୍ୟକୁ ପୁନଃପ୍ରବେଶ କରନ୍ଥାନ୍ତି । କେଉଁ କେଉଁ ବସ୍ତୁ ପ୍ରତିଫଳକ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ ତାହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ନିମିତ୍ତ କମ୍ ପାରମାଣବିକ ଓଜନ (Low Atomic Weight) ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଖୁବ୍ ଉତ୍ତମ ପ୍ରତିଫଳକ କାର୍ଯ୍ୟ ଦେଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ବରୂପ ସୋଡ଼ିୟମ, ବେରିଲୟମ୍ ବା ଏହାର ଅଳ୍ପସାଂଦ୍ର ଏବଂ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ।

## କ୍ରୀଟିକ ସମୀକରଣ (The Critical Equation)

କୌଣସି ଏକ ସୀମିତ କ୍ରୀଟିକ ଶାସ୍ତ୍ରରେ (Finite Critical Reactor)  $K-1$  ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ (leakage)କୁ ବୁଝାଇଥାଏ । କାରଣ ପ୍ରତି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷିତ ହେବା ପରେ  $K$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଚେନ୍ ଅଭିଜିୟା ଗୁଲୁରୁଖିବା ନିମିତ୍ତ 1 ନିଉଟ୍ରନ୍ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ ଦୁଇଟି ଗୁଣାଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ପ୍ରଥମଟି ଶାସ୍ତ୍ରର ବସ୍ତୁର ଉପରେ ଦ୍ବିତୀୟ (ବିଭଜନ ନିଉଟ୍ରନ୍ ରୂପେ ଏହାର ଜନ୍ମଠାରୁ ନିଉକ୍ଲିୟମ୍ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେଉଁ ଦୂରତ୍ବ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅତିବସନ କରନ୍ଥାଏ) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି ଦୂରତ୍ବର ଅଭିଗମନ ଲମ୍ବ (Migration length) ସହ ସମ୍ପର୍କ ଅଛି । ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ଅଭିଗମନ ଦୂରତ୍ବର ବୃଦ୍ଧି ସହଜ ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣର ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଏବଂ ଶାସ୍ତ୍ରର ଆକାର ବୃଦ୍ଧି ଦ୍ବାରା ଏହା ହ୍ରାସ ପାଏ । ଯଦି  $R$ , ଗୋଲକର ବ୍ୟାସକ ବା ଏକ ଘନର ପାଶ୍ବ ହୁଏ ଏବଂ  $M$  ଅଭିଗମନ ଦୂରତ୍ବ ହୁଏ ତେବେ ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ  $M/R$  ଦ୍ବାରା ସୂଚିତ ହୁଏ ।



ଏକ କ୍ଷାନ୍ତିକ ଶିଆଳ୍ଟର ନିମିତ୍ତ

$$K-1 \approx \frac{bM^2}{R^2}$$

ଅତଏବ  $R \approx \left( \frac{b}{K-1} \right)^{1/2}$  ଏଠାରେ  $b$  ଶିଆଳ୍ଟର ଆକାରକୁ, ବୁଝାଇଥାଏ ।

### ଶିଆଳ୍ଟର ଆକାର ଓ ଏହାର ବିଶେଷତ୍ତା (Reactor Size and its Characteristics)

ଗୋଟିଏ ଡାକ୍ତର ଶିଆଳ୍ଟର (ଯେଉଁଥିରେ ପ୍ରାୟ ବିଶୁଦ୍ଧ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଥାଏ) ନିମିତ୍ତ  $K$ ର ମାନ ପ୍ରାୟ 2 ଏବଂ  $M$  ସ୍ଥୂଳତଃ 5 ଫେ:ମି ବା 2 ଇଞ୍ଚ । ଗୋଲକ ନିମିତ୍ତ  $b$ ର ମାନ  $\pi^2$  ଏବଂ ଡାକ୍ତର ଶିଆଳ୍ଟର କ୍ଷାନ୍ତିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 15 ଫେ:ମି ବା 6 ଇଞ୍ଚ । ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦକରୁଥିବା ଶିଆଳ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଲେ  $K$ ର ମାନ 1.05 ଏବଂ  $M$ ର ମାନ 50 ଫେ:ମି ହୋଇଥାଏ, ତେଣୁ କ୍ଷାନ୍ତିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରାୟ 700 ଫେ:ମି ବା 23 ଫୁଟ । ଯଦି ଖୁବ୍ ସମୃଦ୍ଧ ଯୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଦନ ଭାବେ ଏବଂ ସାଧାରଣ ଜଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି ତେବେ  $K$ ର ମାନ 1.5 ଏବଂ  $M$ ର ମାନ ପ୍ରାୟ 7 ଫେ:ମି ହୁଏ, ଯୁଗ୍ମାଂ କ୍ଷାନ୍ତିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରାୟ 30 ଫେ:ମି ବା 12 ଇଞ୍ଚ ହୋଇଥାଏ । ଏହା ଖୁବ୍ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ପ୍ରାୟ ଅଟେ ।

### ଶକ୍ତି ନିୟନ୍ତ୍ରଣ (Power Control)

ଶିଆଳ୍ଟର ଶକ୍ତି ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହେଉଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି ନିଜ୍ଜନା କରାଯାଏ ଯେ ଶିଆଳ୍ଟର ଡିଜାଇନ୍ ଏପରି ହୋଇଛି ଯେ  $K_{eff} > 1$ , ତେବେ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହେଉଥିବା ଯୁରାନିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ସଂଖ୍ୟାରେ, ବୃଦ୍ଧି ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଶିଆଳ୍ଟରର ଶକ୍ତିରେ ମଧ୍ୟ ତତ୍ତ୍ୱଲ୍ପ ବୃଦ୍ଧି ହେବ । ଅବଶ୍ୟକ ଶକ୍ତି ସ୍ତରରେ ପହଞ୍ଚିଗଲା ପରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପରେ  $K_{eff} = 1$  ରଖାଯାଏ । ତେଣୁ ଏକାକୀକ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାୟ ହୁଅନ୍ତି, ତତ୍ତ୍ୱଲ୍ପ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଶିଆଳ୍ଟରର ଶକ୍ତି ସ୍ତରରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇ ନଥାଏ ।

ଏହା ଜଣାଅଛି ଯେ  $K_{eff} = KP$  ଏଠାରେ  $K$ ର ମାନ ଶିଆଳ୍ଟର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ଓ  $P$ ର ମାନ ଏହାର ଆକାର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ

ଗିଆକ୍ଟର ପାଇଁ ଏହି ଦୁଇଟିର ମାନ ସଂଜ୍ଞା ହିଁର ଥାଏ । ପ୍ରଥମ  $K_{eff}$  ମାନକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଅନ୍ୟ ଏକ ଅଂଶକୁ ବ୍ୟୁତ ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ଗିଆକ୍ଟରରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଖୋଜା ଯାଇଥାଏ । ଏହି ଛଡ଼ ଗୁଡ଼ିକ ମିଶ୍ରାନ୍ତରୁ (ସାଧାରଣତଃ କାଡ଼ମ୍ବିୟମ ବା ବୋରନ୍, ଯେଉଁମାନେ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ଶୀଘ୍ର ଅବଶୋଷିତ କରିଥାନ୍ତି) ନିର୍ମିତ । ଯଦି ଏପରି ଏକ ଛଡ଼ ଗିଆକ୍ଟର ଖୋଜି ମଧ୍ୟମ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ, ତେବେ ଦ୍ରାଘ ପାଉଁଶିଆ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟାରେ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ, କାରଣ ଏହି ଛଡ଼ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରିଥାଏ । ପରୀକ୍ଷାମ ସ୍ବରୂପ  $P$ ର ମାନ ଦ୍ରାଘ ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ  $K_{eff}$  ର ମାନମଧ୍ୟ ତଦନୁରୂପ ଦ୍ରାଘ ପାଇଥାଏ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ଗିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରାଇ ଏପରି ରଖାଯାଏ ଯେପରି  $K_{eff} = 1$  । ଅତ୍ୟଧିକ ଅଭ୍ୟନ୍ତରକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଇଲେ  $K_{eff}$  ର ମାନ 1ରୁ ହ୍ରାସପାଏ ଏବଂ ଗିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ହ୍ରାସ ପାଇ ତେଜ ଅଭିବିୟା କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବନ୍ଦ ହୋଇଥାଏ ।

ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ପ୍ରବେଶ କରାଇବା ଦ୍ବାରା ଏହା କେବଳ  $K_{eff}$  ର ମାନକୁ ହ୍ରାସ କରାଇଥାଏ । ଖୁବ୍ ଉତ୍ତମଗ୍ରାସେ ଡିଜାଇନ୍ କରାଯାଇଥିବା ଗିଆକ୍ଟରରେ ଯଦି ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ପୂର୍ଣ୍ଣପୂର୍ଣ୍ଣ ବାହାରେ ରଖାଯାଏ ତେବେ  $K_{eff} > 1$ , ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିରେ  $K_{eff} = 1$  ଏବଂ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରବେଶ କରାଇବା ପରେ  $K_{eff} < 1$  ହୁଏ ।  $K_{eff} - 1$ ର ମାନକୁ ଅଂଶକୁ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ (Excess Multiplication Factor) କହନ୍ତି ଏବଂ  $\frac{K_{eff} - 1}{K_{eff}} = \rho$ କୁ ଗିଆକ୍ଟରର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଶ୍ଯମତା (Reactor Reactivity) କହନ୍ତି । ବ୍ୟାବହାରିକ ଖେତ୍ରରେ  $K_{eff}$  ର ମାନ 1ର ଖୁବ୍ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଅଟେ । ତେଣୁ  $\rho \approx K_{eff}^{-1} - 1 = K_{excess}$  । କ୍ରାନ୍ତିକ ଅବସ୍ଥାରେ  $\rho = 0$  । ଯଦି  $\rho > 0$  ହୁଏ ତେବେ ଗିଆକ୍ଟରକୁ ଅତି କ୍ରାନ୍ତିକ କହନ୍ତି । ଯଦି  $\rho < 0$ , ତେବେ ଗିଆକ୍ଟରକୁ ନିମ୍ନ କ୍ରାନ୍ତିକ କହନ୍ତି ।

ଗିଆକ୍ଟର ଶକ୍ତି ନିମ୍ନ କ୍ରମେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇଥାଏ, ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ କିଛି ବାହାରେ ରଖିବା ଦ୍ବାରା  $\rho > 0$  ହୁଏ ଏବଂ ଗିଆକ୍ଟର ଶକ୍ତିରେ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ । ଆବଶ୍ୟକ ଶକ୍ତି ପ୍ରଭରେ ପହଞ୍ଚିବା ପରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ଖୋଜି ଅଭ୍ୟନ୍ତରକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ ଯଦ୍ବାରା  $\rho = 0$  ଏବଂ ଶକ୍ତିରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ତତ୍ପରେ ଗିଆକ୍ଟର ଶକ୍ତିର ବୃଦ୍ଧି ବା ହ୍ରାସ ନିମିତ୍ତ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ବାହାରେ ବା ଭିତରେ ରଖି  $\rho$ ର ମାନକୁ ଶୂନ୍ୟରୁ ଅଧିକ ବା କମ୍ କରିଦିଆଯାଏ । ନୂତନ ଶକ୍ତିପ୍ରସରକୁ

ପଦ୍ମସ୍ତରୀୟ ପରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ାକୁ ପୁନଃବାର ଟାଣି ନିଆଯାଏ ଯଦ୍ୱାରା  $p=0$  । ଶିଆଳୁର ଅଭିବିୟା ବନ୍ଦ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ାକୁ ଡୋରର ଖୁବ୍ ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଛୁଡ଼ି ଦିଆଯାଏ । କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଶକ୍ତି ହ୍ରାସପାଇ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ।

ନିୟନ୍ତ୍ରଣଛଡ଼ା ବ୍ୟତୀତ ବିଲମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ଶିଆଳୁର ଶକ୍ତି ନିୟନ୍ତ୍ରଣରେ ସାହାଯ୍ୟ କରୁଥାନ୍ତି ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଶିଆଳୁର ନିର୍ମାଣ ବେଳେ ଏଥିରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଥାଏ । ସେମାନେ ମୁଖ୍ୟତଃ ୩ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ।

୧ । ସ୍ଥୂଳ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ା (Coarse Control Rod) :—ଶିଆଳୁର ଡିସ୍କ ଆରମ୍ଭ ଓ ବନ୍ଦ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

୨ । ସୂକ୍ଷ୍ମ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ା (Fine Control Rod) :—ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ସ୍ତର ମେଣ୍ଟାଇବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

୩ । ନିରାପତ୍ତ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ା (Safety Control Rod) :—ଅତି ଜରୁରୀ ଅବସ୍ଥାରେ ଯଦି ହଠାତ୍ ଶିଆଳୁରକୁ ବନ୍ଦ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ, ତେବେ ଏମାନେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି ।

ସ୍ଥୂଳ ଓ ନିରାପତ୍ତ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ା ଏକ ପ୍ରକାର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣକାରୀ ବସ୍ତୁରେ ନିର୍ମିତ । ଏ ଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକ (Electromagnet) ଦ୍ୱାରା ଚାଲିଥାନ୍ତି । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏମାନଙ୍କର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ନିମିତ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ମୋଟର (Electric Motor) ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଛି । ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏମାନଙ୍କର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ । ବେଳେ ବେଳେ କର୍ମଚାରୀମାନେ ଏମାନଙ୍କ ଚାଲୁ କରାଯାଇ ଦାୟିତ୍ୱ ନେଇଥାନ୍ତି ।

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ (Nuclear Fuel)

ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ (Primary Nuclear Fuel) :—

ଯେତେଗୁଡ଼ିଏ ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁରାନିୟମ୍ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିଲା, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କେବଳ  $u-235$  ଧାର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭକ୍ତ ହୋଇ କିଛିଗୁଡ଼ିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍

ଉତ୍ପାଦିତ କରିଥାଏ । ଏହି  $u-235$  ଆଇସୋଟୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ପୃଥ୍ବୀରେ ପ୍ରଥମ ଚେନ ଅଭିଯାନ ସମ୍ପନ୍ନ ହୋଇପାରିଥିଲା । ସୁତରାଂ ଏହି  $u-235$ କୁ ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ କହନ୍ତି ।

## ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ (Secondary Nuclear Fuel)

ପୂର୍ବରୁ ବିଭିନ୍ନ ଉତ୍ସର ବସ୍ତୁ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।  $Pu^{239}$  ଓ  $u^{233}$  ପ୍ରକୃତରେ ମିଳି ନଥାନ୍ତି । ସେମାନେ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି; ଏବଂ ଧାର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଏମାନଙ୍କୁ ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ କହନ୍ତି ।

**ପ୍ରଜନନ (Breeding) :**—ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନର ଜାରଣ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ଯଥା  $Pu^{239}$  ଓ  $u^{233}$  ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ପରମାଣୁ ଓ ବ୍ୟବହୃତ ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଦନ ପରମାଣୁର ଅନୁପାତକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ (Conversion Ratio) କହନ୍ତି । ସୁରୋଦୟମ୍ ଓ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ଶିଖାଟ୍ରେ ପ୍ରତି  $u-235$  ପରମାଣୁର ବିଭଜନରୁ 0.9  $Pu^{239}$  ପରମାଣୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ 0.9 ଅଟେ । କୌଣସି କୌଣସି ଶିଖାଟ୍ରେ ଏପରି ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇଥାଏ ଯେ ଏହି ଅନୁପାତ 1 ବା ତତ୍କର୍ମ ହୋଇଥାଏ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ମହନ ଓ ଶିଖାଟରର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶ ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ କମ୍ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ପ୍ରତି ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ଏକ ବା ଏକାଧିକ ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଯେଉଁ ଶିଖାଟର ନିମିତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ 1ରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ତାକୁ ପ୍ରଜନକ (Breeder) କହନ୍ତି ।

ଯଦି ଶିଖାଟରରେ  $u-238$  ମିଶ୍ରିତ ସୁରୋଦୟମ୍ (ପ୍ରାକୃତିକ ଅଥବା ଆର୍ଗିନ୍ ସମୃଦ୍ଧ ସୁରୋଦୟମ୍) ର ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ ତେବେ ଶିଖାଟର କୋଡ୍ରେ ପ୍ରଜନନ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି କୋଡ୍ ବିଶୁଦ୍ଧ  $u-235$  ଦ୍ୱାରା ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଏକ ବିଶେଷ ପ୍ରକାରର ପ୍ରଜନକ ଆବରଣୀ (Breeding Blanket) ଏହାର ତତ୍ତ୍ୱପାଇଁ ଘେରାଇ ଦିଆଯାଏ । ଏହି ଆବରଣୀରେ  $u-238$  ଓ  $Th^{232}$  ଥାନ୍ତି ଏବଂ କୋଡ୍‌ରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକୁ ଏମାନେ ଅବଶୋଷିତ କରି ଯଥାକ୍ରମେ  $Pu^{239}$  ଓ  $u^{233}$  ଦ୍ୱିତୀୟକ ଇନ୍ଦନ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥାନ୍ତି । ଏହି ନୂତନ ଇନ୍ଦନକୁ ଆବର୍ତ୍ତ ରୂପେ (Periodically) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଅଥବା ଏହାକୁ ବାହାର କରି ସେହି ଶିଖାଟରରେ ବା ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଶିଖାଟରରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ ।

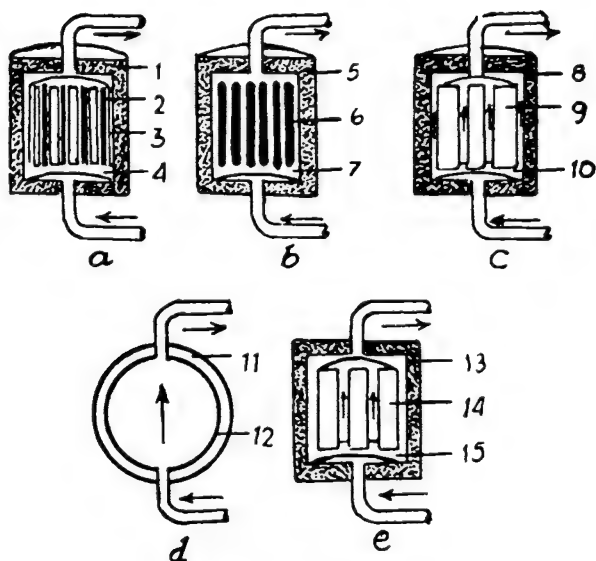
ଏଥିରୁ ସହଜରେ ଅନୁମେୟ, ଯେଉଁ ଶିଆଳୁରରେ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ ଏକ ବା ଏକାଧିକ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବ୍ୟବହୃତ  $u-235$  ବା  $Th^{232}$  କୁ ପୁନର୍ବାର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ ଏହା ଅନନ୍ତକାଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଉଥିବ । କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏପରି ହୋଇ ନଥାଏ । ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହେବା ସମୟରେ ଯୁଗ୍ମନିୟୁକ୍ଲିୟମରୁ ମୁକ୍ତ ଶକ୍ତିର ଅଳ୍ପ ଅଂଶ କେତେକ ଖଣି ଧାତୁମାନଙ୍କୁ ଏକତ୍ର ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଧାତୁମାନଙ୍କୁ ଗୁଡ଼ିକ ଛାଡ଼ି କାରକ ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକାଂଶ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରାଥାନ୍ତି । କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଧାତୁମାନଙ୍କୁ ଏକତ୍ର ହେବା ଦ୍ଵାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟି ଶିଆଳୁରର ଚୈତ ଅଭିସିୟା ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇ ଯୁଗ୍ମନିୟୁକ୍ଲିୟମରୁ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହୋଇ ନାହିଁ । ଏପରି ସ୍ଥିତିରେ ଇନ୍ଦନର ଅଧିକ ଉପଯୋଗ ହୋଇ ପାରେ ନାହିଁ ।

## ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ (Heat Transfer)—

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି ତାପୀୟ ଶକ୍ତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ସମ ଜାତୀୟ ଶିଆଳୁରରେ ଏହାର ଅଧିକାଂଶ ଶକ୍ତି ଶିଆଳୁର କୋଡରୁ ତଥା ବିଷମ ଜାତୀୟ ଶିଆଳୁରରେ ଯୁଗ୍ମନିୟୁକ୍ଲିୟମରୁ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଯୁଗ୍ମନିୟୁକ୍ଲିୟମରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପ ମାତ୍ରା ପ୍ରାୟ ପ୍ରତି ଘନ ସେ.ମି. ପ୍ରତି ବର୍ଷ ସହସ୍ର ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରାଡ୍ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ତଥା ଶିଆଳୁରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପୀୟ ଶକ୍ତିକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିରେ ଅଥବା ତାର ସମକକ୍ଷ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଶକ୍ତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବା ଏକ ସମସ୍ୟା ହୋଇପଡ଼େ ।

ଅଜଳାଳ ଶିଆଳୁରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପୀୟ ଶକ୍ତିର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ କେବଳ ଏକମାତ୍ର ଉପାୟରେ କରାଯାଇଥାଏ । ଶିଆଳୁରରୁ ଏହାକୁ ବାଷ୍ପ ବଦଳର (Steam Boiler) କୁ ପଠାଯାଏ । ସେଠାରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଖୁବ୍ ପ୍ରବ୍ୟାପକ ଉପାୟରେ ହୋଇଥାଏ । ବଦଳରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବାଷ୍ପଦ୍ଵାରା ଟର୍ବୋଇନ୍ (Turbine) ଚାଲେ ଏବଂ ଏହି ଟର୍ବୋଇନ୍ ଦ୍ଵାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଜେନେରେଟର୍ (Electric Generator) ଚାଲିଥାଏ । ବିଭଜନ ଶକ୍ତିକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଥମ ପଦକ୍ଷେପ ହେଲା ଶିଆଳୁରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପୀୟ ଶକ୍ତିକୁ ବାଷ୍ପୀୟ ବଦଳରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ।

ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ସାଧାରଣତଃ ୫ ପ୍ରକାର ବ୍ୟୟ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ବ୍ୟୟ ଦ୍ଵାରା ହୋଇଥାଏ । ନିମ୍ନଲିଖିତ ଚିତ୍ରଗୁଡ଼ିକରୁ ସେଗୁଡ଼ିକ ସୁସ୍ପଷ୍ଟ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-୨)

(a) ବୃକ୍ଷମାତ୍ରାୟ ରିଆକ୍ଟର, ଇନ୍ଦନ ଓ ମନ୍ଦକ କଠିନ ବସ୍ତୁ ଅଟନ୍ତି ।

1—ପ୍ରତିଫଳକ (Reflector)

2—ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଯୁରାନିୟମ୍ ଛଡ଼ (Uranium Rods in Tubes)

3—କଠିନ ମନ୍ଦକ (Solid Moderator)

4—ଗ୍ୟାସ୍ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଶୀତଳକ (Coolant, Gas or Liquid)

(b) ବୃକ୍ଷମାତ୍ରାୟ ରିଆକ୍ଟର :—ଇନ୍ଦନ (କଠିନ) । ସଂଚଳିତ ଶୀତଳକ (ମନ୍ଦକ) (Circulating Coolant Moderator)

1—ପ୍ରତିଫଳକ ।

2—ଜାଳେଟ ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ଯୁରାନିୟମ୍ ଛଡ଼ ।

3—ମନ୍ଦକ (ତରଳ ଶୀତଳକ) ।

(c) ବୃକ୍ଷମାତ୍ରାୟ ରିଆକ୍ଟର :—କଠିନ ମନ୍ଦକ-ଇନ୍ଦନ (ସଂଚଳିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ)

1—ପ୍ରତିଫଳକ ।

2—କଠିନ ମନ୍ଦକ ।

3—ତରଳ ଇନ୍ଦନ ।

(d) ସମଜାତୀୟ ଶିଖାକ୍ଷର :—ସଂଚଳିତ ତରଳପଦାର୍ଥ (ମଦକ ଓ ଲଘନର ମିଶ୍ରଣ)

1—ପ୍ରତିଫଳକ ।

2—ତରଳ ସୁରାନ୍ୟମ-ମଦକ ମିଶ୍ରଣ ।

(e) ସମଜାତୀୟ ଶିଖାକ୍ଷର :—ସୁରାନ୍ୟମ-ମଦକ ମିଶ୍ରଣ (କଠିଣ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ)

1—ପ୍ରତିଫଳକ ।

2—ସୁରାନ୍ୟମ-ମଦକ ମିଶ୍ରଣ (କଠିଣ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ)

3—ଶୀତଳକ (ଗ୍ୟାସ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ)

ବିଷମଜାତୀୟ ଶିଖାକ୍ଷରରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଉନ୍ନତପ୍ରକାର ହୋଇଥାଏ । ଏହା ଚିତ୍ର-9 (a), (b), (c) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଚିତ୍ର ୯ (a) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ବ୍ୟବସ୍ଥା ବ୍ୟବହାର କେବଳ କଠିଣ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଲଘନ ତଥା କଠିଣ ମଦକରେ ହୋଇଥାଏ । ସୁରାନ୍ୟମ ଛତା ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ନିମ୍ନିତ ନଳୀ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ତରଳ ବା ଗ୍ୟାସ ଶୀତଳକ ଗତି କରେ । ଚିତ୍ର ୯ (b) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ବ୍ୟବସ୍ଥା କଠିଣ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଲଘନ ନିମ୍ନିତ୍ତ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ । ଏଥିରେ ତରଳ ମଦକ ଏବଂ ଶୀତଳକ ଏକ ସଙ୍ଗେ ରହିଥାନ୍ତି । ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରୁଥିବା ପଦାର୍ଥର ସଂଚଳିତ ତାପ, ବାହ୍ୟ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ବାଷ୍ପ ବ୍ୟବହାରକୁ ଦିଆଯାଏ । ଚିତ୍ର ୯ (c) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ବ୍ୟବସ୍ଥା ତରଳ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଲଘନ ଓ କଠିଣ ମଦକ ନିମ୍ନିତ୍ତ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ଏଥିରେ ତରଳ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଲଘନ, ମଦକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ସଂଚଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଉତ୍ତପ୍ତ ଲଘନ, ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତିକରି ଶିଖାକ୍ଷରକୁ ଫେରିଥାଏ । ଏପରି ଶିଖାକ୍ଷରରେ ଫୋଡ଼ା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଲଘନ ଦ୍ଵାରା ଚେନ୍ ଅଭିହିତା ଗୁରୁ ରଖାଯାଏ । ଫୋଡ଼ାର ଲଘନ, ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଗତି କରିବା ପରେ ଚେନ୍ ଅଭିହିତା ଗୁରୁ ରଖିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ, ବରଂ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ବସ୍ତୁତ୍ଵେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଏ ପ୍ରକାର ଶିଖାକ୍ଷରରେ ମଧ୍ୟ ମଦକକୁ ବାୟୁ ଦ୍ଵାରା ଶୀତଳ କରାଯାଏ ।

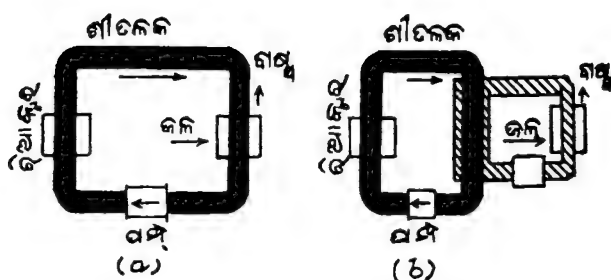
ସମଜାତୀୟ ଶିଖାକ୍ଷର ନିମ୍ନିତ୍ତ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଏହା ଚିତ୍ର ୯ (d), (e)ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଚିତ୍ର ୯ (d)ରେ ତାପ ଉତ୍ସ ଓ ଶୀତଳକ ଏକ ତରଳ ମିଶ୍ରଣ ଦ୍ଵାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏହା ଗତି କରାଯାଏ । ଫୋଡ଼ା ଓ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ନଳୀର ଆକୃତି ଏପରି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେପରି ଲଘନ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରିବା ପରେ ଚେନ୍ ଅଭିହିତା ସଂଘଟିତ ନ ହେବ ।

ଚିତ୍ର ୯ (e) — ଫୋଡ଼ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ନଳୀଗୁଡ଼ିକରେ ଶୀତଳକ ସଂଚଳିତ ହୁଏ ଏବଂ ନିଉକ୍ଲିୟର ଇନ୍ଦନ ଯଥାସ୍ଥାନରେ ଥାଏ ।

ଶୀତଳକରେ ସଂଚିତ ତାପ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ଭାବେ ବା ପରୋକ୍ଷଭାବେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଶୀତଳକ, ଗିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ଗତି କଲବେଳେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ତେଜସ୍ବିୟ ହେବା ନ ହେବା ଉଭୟେ ସମ୍ଭବ । ତେଣୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ପ୍ରଣାଳୀର ଗଠନ ଏହି ତେଜସ୍ବିୟତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ଶୁଦ୍ଧ ଲବଣ-ମୁକ୍ତ ଜଳ ଗିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କଲବେଳେ କିଛିତ ମାତ୍ରାରେ ତେଜସ୍ବିୟତା ଆହରଣ କରିଥାଏ । ହାଲୁକା ଉଦ୍ଭାନ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ସ୍ଥାୟୀ ଭାବ ଉଦ୍ଭାନରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ପ୍ରାକୃତିକ ଜଳରେ ଭାବ ଉଦ୍ଭାନ ଶୂଦ୍ଧ କମ୍ ପରିମାଣରେ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ହାଲୁକା ଉଦ୍ଭାନରୁ ଗଠିତ । ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ତେଜସ୍ବିୟ ଅଥବା ଭାବ ଉଦ୍ଭାନ ବା ଟ୍ରାଜିଟିୟମରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଟ୍ରାଜିଟିୟମ କମ୍ ଶକ୍ତି ବର୍ଣ୍ଣିତ  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ । ଜଳ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଏହା ପ୍ରବେଶ କରିପାରେ ନାହିଁ, ତେଣୁ ଏହା କ୍ଷତ ହୋଇ ନଥାଏ । ପ୍ରାକୃତିକ ଅମ୍ଳଜାନରେ ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ ଦେଖାଯାଏ ଯଥା  $O^{16}$ ,  $O^{17}$  ଓ  $O^{18}$  ଏବଂ ଏମାନେ ଯଥାକ୍ରମେ ଶତକଡ଼ା 99.76, 0.04 ଓ 0.20 ଭାଗ । ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରଥମ ଦୁଇ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ସ୍ଥାୟୀ ଆଇସୋଟୋପ୍ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ତୃତୀୟ ଆଇସୋଟୋପ୍  $O^{18}$ ର ଆୟୁକାଳ ଶୂଦ୍ଧ ଅଳ୍ପ ଏବଂ ଏହା ତେଜସ୍ବିୟ ଅଟେ । ଟ୍ରାଜିଟିୟମ ଭଳି ଏହା  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ ଏବଂ ନଳୀ କାଢ଼ି ଭେଦ କରିପାରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ  $O^{19}(n,p) N^{16}$  ଅଭିସ୍ବିୟାରୁ  $N^{16}$  ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି ସମ୍ପନ୍ନ  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଅଳ୍ପ ଆୟୁକାଳ ହେତୁ ଏହି ତେଜସ୍ବିୟତା କୌଣସି କ୍ଷତିକରି ନ ଥାଏ ।

ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ବିଭିନ୍ନ ଅଣୁର ଲବଣ ଉପସ୍ଥିତ ଥିଲେ ଡାବ୍, ଶକ୍ତି ବର୍ଣ୍ଣିତ Y-ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥିବା ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଗଠିତ ହୁଏ । ଅଣୁର ଲବଣର ମାତ୍ରା କମ୍ ହେଲେ ଜଳରେ Y-ରଶ୍ମିର ତେଜସ୍ବିୟତା ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଗିଆକ୍ଟରରୁ ବାଷ୍ପ ବ୍ୟବହାରକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଜଳ ବ୍ୟବହୃତ ହେଲେ କେବଳ ଏକମାତ୍ର ତାପ ବିକିରଣ ଯନ୍ତ୍ର ଆବଶ୍ୟକ । ଚିତ୍ର ୧୦ (a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବାଷ୍ପ ବ୍ୟବହାର ନିକଟକୁ ଯାଇ ଏହାର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇପାରେ । ବ୍ୟବହାରରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ବାଷ୍ପ ତେଜସ୍ବିୟ ନୁହେଁ; କାରଣ ଏହି ଜଳ ଗିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରି ନଥାଏ । ତେଣୁ ବାଷ୍ପ ଟରବାଇନକୁ ଚାଲୁ ରଖିବା ପାଇଁ କୌଣସି ବିପଦ ନଥାଏ ।





(ଚିତ୍ର ନଂ-10)

କିନ୍ତୁ ଯଦି ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ଭାବେ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ ତେବେ ଏପରି ହୋଇ ନଥାଏ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ସୋଡ଼ିୟମ, ଡେକ୍ଟ୍ରିୟ  $\text{Na}^{24}$  ଆଇସୋଟୋପ୍ ରେ ପରିଣତ ହୋଇ  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ  $\gamma$ -ରଶ୍ମି ମଧ୍ୟ ଉତ୍ସର୍ଜନ କରଥାଏ । କର୍ମରୂପମାନଙ୍କ ସୁବିଧା ନିମିତ୍ତ ଦୁଇଟି ବାଷ୍ପ ବିନମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଆବଶ୍ୟକ । ଚିତ୍ର ୧୦ (b)ରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ । ପ୍ରଥମ ବିନମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଡେକ୍ଟ୍ରିୟ ଶୀତଳକ ଥିବାରୁ ଏହାକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିହୁଏ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ଶୀତଳକ ଡେକ୍ଟ୍ରିୟ ନୁହେଁ କାରଣ ଏହା ଶିଅଲ୍ଡର ମଧ୍ୟଭାଗ ଗଠି କରନାହିଁ । ଏହି ବିନମୟ ଯନ୍ତ୍ରର କିଛି ଅଂଶ ବ୍ୟତୀତ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିହୁଏ । ବାଷ୍ପ ବ୍ୟବହାରକୁ ମଧ୍ୟ ସ୍ପର୍ଶ କରି କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

## ବିକିରଣ ରକ୍ଷଣ (Radiation Protection)

ଡ୍ରାବ୍ ଗାମା ବିକିରଣରୁ କର୍ମରୂପମାନଙ୍କୁ ରକ୍ଷା କରେବା ନିମିତ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟାଳୟ ତଥା ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିକିରଣ ଡ୍ରାବ୍ତା ସହନଶୀଳ ସୀମାକୁ କମାଇ ଦିଆଯାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ କର୍ମରୂପ ଉପରେ କେଉଁ ପରିମାଣର ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିଥାଏ ତାର ମାତ୍ରା ଜାଣି କରେବା ନିମିତ୍ତ ଫଟୋଫଳକ (Tab) ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଶିଅଲ୍ଡର ତଥା ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଡେକ୍ଟ୍ରିୟ ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକୁ ବିକିରଣ ପରିରକ୍ଷକ ଦ୍ୱାରା ଢାଙ୍କି ଦିଆଯାଏ । ପ୍ରତି କର୍ମରୂପ ସହ ମାତ୍ରାମାପୀ (Dosimeter) ଯନ୍ତ୍ର ଥିବାରୁ ଏହା ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପ କରଥାଏ ।

ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ଗାମାରଶ୍ମି ଅଣୁଗୁଡ଼ିକର ଆୟୁନକରଣ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ରାସାୟନିକ ବନ୍ଧନକୁ ଛୁଣ୍ଡି କରିଦିଏ । ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ

ଶରୀରର ବହୁଗୁଣିତ ମହତ୍ତ୍ୱ ପୂର୍ଣ୍ଣ ପଦାର୍ଥର ଅପସାଦନ (Decomposition) ହୋଇଥାଏ । ଖବ୍ବ ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ଶରୀରରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ରୋଗକୁ ବିକିରଣ ରୋଗ (Radiation Sickness) କହନ୍ତି । ଗାମା ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ରଂଜନ (Roentgen) (Y) ଏକକ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶିତ, 1 ରଂଜନ ଗାମା ବିକିରଣର ସେ ମାତ୍ରା ଅଟେ, ଯଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଗ୍ରାସ୍ତ ଚନ୍ଦ୍ରରେ 93 ଅର୍ବ ଶକ୍ତିର ଅବଶୋଷଣ ହୋଇପାରିବ ।

ପ୍ରତି କାର୍ଯ୍ୟ ଦିବସରେ ଯଦି 0.05 Y ଗାମା ବିକିରଣ ଶରୀର ଉପରେ ପଡ଼େ ତେବେ ଶରୀରର କିଛି କ୍ଷତି ହୁଏ ନାହିଁ । ଶରୀରର ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାବ (ଯଥା ହାତ, ଗୋଡ଼) ଯଦି ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ସମୟ ପାଇଁ ଗାମା ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରନ୍ତି ତେବେ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ଅଧିକ ହୋଇପାରେ, କିନ୍ତୁ ସମସ୍ତ ଶରୀର ପାଇଁ ଏହି ମାତ୍ରା 0.05 Y ରହୁବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି କୌଣସି କର୍ମଚାରୀ କୌଣସି ଦିନ ଅଧିକ ମାତ୍ରାର ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରୁଥାନ୍ତି, ତେବେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଦିନ କମ୍ ମାତ୍ରାରେ ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରିବା ଉଚିତ୍, ଯେପରି ସମ୍ଭାବ୍ୟ ନିରାପତ୍ତି ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହାରଠାରୁ ଅଧିକ ନହୁଏ । କୌଣସି ପରିସ୍ଥିତିରେ ଏକାଥରେ 10 ରଂଜନ ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରିବା ଉଚିତ ନୁହେଁ, କାରଣ ତତ୍ପରେ ବିଶ୍ରାମ ନେଲେ ମଧ୍ୟ କ୍ଷତି ପୁରୁଣ ନ ହୋଇ ବିକିରଣ ରୋଗର ଲକ୍ଷଣ ଦେଖାଦିଏ । ଯଦି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଶରୀର ଉପରେ 400 Yର ପ୍ରଭାବ ପଡ଼େ ତେବେ ଶତକଡ଼ା 50 ଜଣଙ୍କର ପ୍ରାଣ ହାନିର ସମ୍ଭାବନା, କିନ୍ତୁ ଯଦି ଏହା 600 Y ହୁଏ ତେବେ ଶତକଡ଼ା 100 ଜଣ ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କରିଥାନ୍ତି ।

## ତୃତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ

### ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର ନିମନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପଦାର୍ଥ (Material Requirements for Nuclear Reactor)

ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର କାର୍ଯ୍ୟ ତଥା ନିଉକ୍ଲିୟାର ଧର୍ମ ଉପରେ ଭିତ୍ତି କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶିଆଳିରେ ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକ ବଛାଯାଇ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏକତ୍ୱବ୍ୟାପୀ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ଏବଂ ଡାକ୍ତା ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ପଦାର୍ଥ ଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକରେ କେଉଁ ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ତାହା ମଧ୍ୟ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଇଥାଏ । ଏ ସବୁକୁ ଦୃଷ୍ଟି ସମ୍ମୁଖରେ ରଖି ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକୁ ନିର୍ମାଣ କରାଯାଏ । ବିକିରଣ ଜନିତ ପ୍ରଭାବକୁ ବିକିରଣ କ୍ଷତି (Radiation Damage) କହନ୍ତି । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶିଆଳିରେ ସଂଘାତ ବିକିରଣ ଯଦି ଡାକ୍ତା ନିଉଟ୍ରନ୍ ତଥା ଗାମା କ୍ୟାଣ୍ଡା ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବରେ ଜଳ ଉଦ୍‌ଜ୍ୱଳ ତଥା ଅମ୍ଳ କାନ୍ଦରେ ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍ ହୋଇଥାଏ । ସ୍ୱଚ୍ଛ ପଦାର୍ଥ ରଙ୍ଗଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍-ସ୍ୱେଧୀ, ସୁପରକୋଣ୍ଡା ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଧାତୁ ଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି କ୍ଷୟ ହୋଇଥାଏ ।

ଉପରେକ୍ତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକୁ ଦୃଷ୍ଟି ସମ୍ମୁଖରେ ରଖି ଶିଆଳିର ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକର ଆଲୋଚନା କରାଯାଏ ।

**ଈନ୍ଦ୍ରନ (Fuel) :**—ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦ୍ରନର ଏପରି ଧର୍ମ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯଦ୍ୱାରା ତେଜ ଅଭିଜ୍ଞା ଗୁଲୁ ରହିପାରିବ । ଯଦିଓ ପ୍ରାକୃତିକ ତଥା ସମୃଦ୍ଧ ସୁରାନିୟମ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦ୍ରନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି ତଥାପି ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଓ କ୍ୟୁରିମ  $U^{233}$  ଆଇସୋଟୋପ୍ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ପାରିବେ । ସୁରାନିୟମ୍ ବିଶୁଦ୍ଧ ଧାତୁ ରୂପରେ, କୌଣସି ଏକ କମ୍ ଗଳନାଙ୍କ ଧାତୁ ସହ ଦ୍ରବଣ ଭାବେ, ଅଥବା ସାଧାରଣ ବା ଭାଗ୍ୟ ଜଳସହ ଦ୍ରବଣ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ ।

ସାଧାରଣତଃ ସୁରକ୍ଷିତ ଧାତୁ ସାଧାରଣ ଉତ୍ତପ୍ତରେ ସ୍ଥାୟୀ କିନ୍ତୁ ପାଖାପାଖି  $100^{\circ}\text{C}$  ଉତ୍ତପ୍ତରେ ଖୁବ୍ ଗୁରୁତାର ସହ ଅକ୍ସିଜିନର ସହିତ ରାସ ନେଇଥାଏ । ଖୁବ୍ ସୁକ୍ଷ୍ମ ସୁରକ୍ଷିତ ଗୁଣ୍ଡ ସାଧାରଣ ଉତ୍ତପ୍ତରେ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଅକ୍ସିଡ଼ାଇଜ୍ ହୋଇ ଜଳିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ତେଣୁ କ୍ଷୁଦ୍ର ସୁରକ୍ଷିତ ଖୁବ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଦ୍ରବଣରେ ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଜଳ ଉପସ୍ଥିତିରେ ସୁରକ୍ଷିତ ସଂକ୍ଷାତ (Corroded) ହୋଇଥାଏ ।

ସୁରକ୍ଷିତ  $1100^{\circ}-1150^{\circ}\text{C}$  ଉତ୍ତପ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ତରଳ ହୁଏ । ଏହା ସୋଡ଼ିୟମ, ପାଉଁର, ସୀସା, ବିସମଥ, ଆଣ୍ଟିମୋନି ଏବଂ ଟିଟାନିୟମ୍ ସହ ମଧ୍ୟ କମ୍ ଗଳନାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ମିଶ୍ରଣରୁ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଏହାଛଡ଼ା ବେରିଲିୟମ୍, ମାଗନେସିୟମ୍, ଆଲୁମିନିୟମ୍, ତମ୍ବା, କୌଡ଼, ଟଙ୍ଗଷ୍ଟନ୍, ଦନ୍ତା, ଭାନାଡ଼ିୟମ୍, ଏବଂ ଥୋରିୟମ୍ ସହ ମିଶି ଉଚ୍ଚ-ଗଳନାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ମିଶ୍ରଣରୁ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଏ ।

ସୁରକ୍ଷିତ ଧାତୁ 3 ପ୍ରକାର ଅପରୂପ (Allotropic Modification) ରେ ଦେଖାଯାଏ ।  $600^{\circ}\text{C}$  ରୁ କମ୍ ଉତ୍ତପ୍ତରେ ସୁରକ୍ଷିତ ଆଲଫା-ଫେଜ (Alpha phase)ରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ।  $\alpha$ -ସୁରକ୍ଷିତ ପ୍ରାୟ 28 କଲୋଗ୍ରାମ୍/(ମିଲିମିଟର)<sup>3</sup> । ଶୀତଳ ରେଲିଙ୍ଗ ଦ୍ଵାରା ଏହାର ଗୁଣକୁ 140 କଲୋଗ୍ରାମ୍/(ମିଲିମିଟର)<sup>3</sup>କୁ ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ।  $660^{\circ}-770^{\circ}\text{C}$  ଉତ୍ତପ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ସୁରକ୍ଷିତ  $\beta$ -ଫେଜରେ ଥାଏ ଏବଂ ଏହୁ ଅବସ୍ଥାରେ ଏହା ଉର୍ଗୁର ଅଟେ ।  $770^{\circ}\text{C}$  ରୁ ଅଧିକ ଉତ୍ତପ୍ତରେ ସୁରକ୍ଷିତ  $\gamma$ -ଫେଜରେ ରହେ ଏବଂ ଏ ଅବସ୍ଥାରେ ଏହା କୋମଳ ତଥା ଉର୍ଗୁର ଅଟେ ।

ସୁରକ୍ଷିତ ଏକ ଫେଜରୁ ଅନ୍ୟ ଫେଜକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ତଥା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଧର୍ମରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ । ଯଦି ସୁରକ୍ଷିତ ଧାତୁକୁ ଗଠନରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ ଉତ୍ତପ୍ତ  $660^{\circ}\text{C}$  ରୁ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ଭାଗ୍ୟକଳ ସହ ସୁରକ୍ଷିତ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ କ୍ଷୟ କ୍ଷତି ପ୍ରତି ସତର୍କତା ଅବଲମ୍ବନ କରିବାକୁ ପଡ଼େ କାରଣ ଭାଗ୍ୟକଳ ଅତି ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ ।

**ମନ୍ଦକ (Moderator) :**—ମନ୍ଦକ ଏପରି ପଦାର୍ଥରୁ ନିର୍ମିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯାହାର ମନ୍ଦ କରିବା ଗୁଣ ଅଧିକ ଏବଂ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗ୍ରହଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ (Neutron-Capture Cross Section) ନ୍ୟୁନତମ ହୋଇଥିବ । ସାଧାରଣତଃ ଏହୁ ପଦାର୍ଥ ଗୁଡ଼ିକ କମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ଵ ସଂଖ୍ୟା ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ । ମନ୍ଦକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକ ରୂପେ ସାଧାରଣ ଜଳ, ଭାଗ୍ୟକଳ, ବେରିଲିୟମ ଓ ଏହାର ଅକ୍ସାଇଡ଼ କାରବନ୍ ଏବଂ ଆଦି କେତେକ

କୈବଳ ଯୌଗିକ ବସ୍ତୁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କେତେକ ପଦାର୍ଥର ମନ୍ଦନ ଗୁଣ ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ସାରଣୀ—5

### କେତେକ ପଦାର୍ଥର ମନ୍ଦନ ଗୁଣ

Materials ପଦାର୍ଥ ବା ବସ୍ତୁ	ମନ୍ଦନ ଶକ୍ତି (ସେ.ମି) <sup>-1</sup> Moderating Power cm <sup>-1</sup>	ମନ୍ଦନ ଅନୁପାତ Moderating Ratio
ସାଧାରଣ ଜଳ	1.53	72
ଭାରିଜଳ	0.370	12,000
ବେରିଲିୟମ୍	0.176	159
କାରବନ୍	0.064	170

ମନ୍ଦକ ରୂପେ ସାଧାରଣ ଜଳ ଅତି ଆକର୍ଷଣୀୟ ପଦାର୍ଥ । କାରଣ ଏହା ଅତି ଶସ୍ତାରେ ମିଳେ ଏବଂ ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍‌କୁ ଧୀର କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନକୁ ସାମାନ୍ୟ ସମ୍ବୃତ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ । ଅତି କମ୍‌ରେ ଶତକଡ଼ା 1 ଭାଗ u—235 ଇନ୍ଦନରେ ରହୁବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଜଳ ମନ୍ଦକ, ଶୀତଳକ ତଥା ପ୍ରତିଫଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ଜଳକୁ ମନ୍ଦକ-ଶୀତଳକ ରୂପେ ଯଦି ପାଉଁଶର ଶିଅଲ୍‌ରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ କେତେକ ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ପଡ଼େ । କାରଣ ପାଉଁଶର ଶିଅଲ୍‌ର ଅତି ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତପ୍ତରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଜଳ କିନ୍ତୁ ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳୀୟ ରୂପରେ 100° Cରେ ଫୁଟିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ତେଣୁ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ରୂପ 2000 ପାଉଣ୍ଡ/ଫି. ଏସ୍ ଅତି ଅବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏଥି ନିମ୍ନିତ୍ତ ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ ରୂପ ପାତ୍ର (Pressure vessel) ଓ ପାଇପ୍ ଆବଶ୍ୟକ । ଜଳରେ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଲବଣ, କାଡ଼ମ୍ବିୟମ୍ କାରବନ୍ ଏବଂ ବୋରନ୍ ଇତ୍ୟାଦି ଅପଦ୍ରବ୍ୟ ମିଶ୍ରିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାନ୍ତି । ମନ୍ଦକରୂପ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଜଳରୁ ଏସବୁ ଅପଦ୍ରବ୍ୟକୁ ବହୁଶ୍ରେୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମନ୍ଦକ ଭାବେ ଭଜେଲ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ସାଧାରଣ ଜଳରେ ଏହି ଭଜେଲ 6000.1 ଅନୁପାତରେ ଥାଏ । ସାଧାରଣ ଜଳର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଲୁପ୍ତ (Electrolysis) ଅତି ସାହଜତା ବର୍ଣ୍ଣିଷ୍ଟ ଭଜେଲ ମିଳିଥାଏ । ବାରମ୍ବାର

ବେଲୁପିକ ବିଶ୍ଳେଷଣ କଲେ ଅତି ବଣ୍ଟୁକ ଭାଗନଳ ମିଳିଥାଏ । ଭାଗନଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ନିମିତ୍ତ ସମୃଦ୍ଧ ଇନ୍ଦନ ଆବଶ୍ୟକ । ସାଧାରଣ ଜଳଭଳି ଏହା ମଧ୍ୟ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ ।

ବେରିଲିୟମ ଓ ଏହାର ଅନ୍ୟାଞ୍ଚଳ ମଧ୍ୟ ଉତ୍ତମ ମନ୍ଦକ ଅଟନ୍ତି । ବେରିଲିୟମ୍ ଏକ ପ୍ରାକୃତିକ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ । ଏହା ବିରାଜଳ (Beryl)  $[Al_2 Be_3 (Si_6 O_{18})]$  ଏବଂ ହେଲିଭିନ୍ (Helvine)  $[3(Be, Mn, Fe), SiO_4. (Mn, Fe) S]$  ରୂପେ ମିଳିଥାଏ । ବିରାଜଳ ଧାତବପରି ଝୁର୍ ପ୍ରଭୃତି କିନ୍ତୁ ନିମ୍ନଶ୍ରେଣୀୟ । ବେରିଲିୟମ୍ ଧାତୁ ଶୁଭ ଓ ଭଙ୍ଗୁର । ଏହାର ଘନତ୍ୱ  $1.85 \text{ ଗ୍ରାମ୍} / (\text{ସେ.ମି})^3$  ଏବଂ ଗଳନାଙ୍କ  $1284^\circ C$ , ସାଧାରଣ ଉତ୍ତପରେ ବେରିଲିୟମ୍ ସ୍ଥାୟୀ, କିନ୍ତୁ ଉତ୍ତପ ଦିଆହେଲେ ହଠାତ୍ ଅମ୍ଳାନ ସହ ମିଶିଥାଏ । ତେଣୁ ବେରିଲିୟମ୍ ଅପେକ୍ଷା ବେରିଲିୟମ୍ ଅନ୍ୟାଞ୍ଚଳ (ବେରିଲିୟା)ର ବ୍ୟବହାର ଶ୍ରେୟସ୍କର । କାରଣ ଏହା ଏକ ତାପ ପ୍ରତିରୋଧୀ (Heat Resistant) ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଧାତୁ ଅଟେ ଏବଂ ଏହାର ଗଳନାଙ୍କ  $2530^\circ C$  ।

କାରବନ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ରୂପରେ ମନ୍ଦକ ବା ପ୍ରତିଫଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ବେରିଲିୟମ୍ ଭଳି ଏହା ଉତ୍ତମ ମନ୍ଦକ ନୁହେଁ ।

ଜଳ ଭଳି କେତେକ ହ୍ରାସପ୍ରୋକାରକ ମଧ୍ୟ ମନ୍ଦକର ଧର୍ମ ଦେଖାଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକଙ୍କ ଅପବଚନ ଘଟିଥାଏ । ତେଣୁ ମନ୍ଦକ ଭାବେ ସେମାନେ ଖୁବ୍ କମ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

**ପ୍ରତିଫଳକ (Reflector) :**—ମନ୍ଦକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକ ଏକ ବସ୍ତୁରୁ ନିର୍ମିତ । ଭାଗ୍ୟ, ଉଚ୍ଚ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଓ ନିମ୍ନ-ପ୍ରତିଫଳ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟି ବସ୍ତୁ ଏଥିନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ ।

**ପରିରକ୍ଷକ ପଦାର୍ଥ (Protective Material) :**—ଏହି ପରିରକ୍ଷକ ଶିଆଳ୍ପର ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ଘେରି ରହିଥାଏ । ହେତୁ ମଧ୍ୟରୁ ମନ୍ଦକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକ ଅତିକ୍ରମ କରି ଯେଉଁ ଗତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବହୁଃଗତ ହୁଅନ୍ତି ସେମାନଙ୍କୁ ଏହି ପରିରକ୍ଷକ ମନ୍ଦ କରାଯାଏ । ଏହା ଗାମା-ବିକିରଣକୁ ମଧ୍ୟ ହ୍ରାସ କରାଇଥାଏ ।

ପରିରକ୍ଷକ ପଦାର୍ଥମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କଂକ୍ରିଟ୍ ପ୍ରଧାନ ଅଟେ । ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଓ ଗାମା-କିରଣକୁ ହ୍ରାସ କରାଇଥାଏ । ଗତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌କୁ ଉତ୍ତମ ଭାବେ ମନ୍ଦ କରିବା ନିମିତ୍ତ ପରିରକ୍ଷକରେ ଉଦ୍ଭାବନ ଯୁକ୍ତ ପଦାର୍ଥ କିଛି ମାତ୍ରାରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ସାଧାରଣ ଜଳ କଂକ୍ରିଟ୍‌ର ଏକ ମୂଳବସ୍ତୁ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ଆବଶ୍ୟକତା ପୂରଣ ହୋଇ ପାରିଥାଏ ।

କଂକ୍ରିଟ୍‌ର ସମଗ୍ର ସ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଗାମା ବିକିରଣ ଶୀତ ହୋଇଥାଏ । ପରିବହକର ଓଜନ ହ୍ରାସ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଗାମା ବିକିରଣକୁ ଶୀତ କଲେଉଳି ଅତି ସଫଳତା ବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ବାରାଇଟ୍ (Barite) ଏବଂ ଲୌହ (ଲୌହ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ରୂପରେ) ଅଧିକାଂଶ ସମୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ପରିବହକର ଭିତର ପଟ ଦୁଇଟି କାରଣରୁ ଖୁବ୍ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଥାଏ, ପ୍ରଥମ କାରଣ ହେଲା ଉତ୍ତପ୍ତ ଫ୍ଲୋଇଡ୍ ତାପୀୟ ବିକିରଣ ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟଟି ହେଲା ଏ ସ୍ଥାନରେ ଗାମା ବିକିରଣ ସଂପର୍କିତ ଅଧିକ । କଂକ୍ରିଟ୍ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ସହ୍ୟ କରିପାରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଏହି କଂକ୍ରିଟ୍ ସ୍ତରରେ କୌଣସି ଏକ ତାପ-ପ୍ରତିରୋଧୀ ପରିବହକ ଲଗାଇବା ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରତିଫଳକ ତଥା କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିବହକ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଶୀତ ଇସ୍ଥାପନ ଚକ୍ରର ସଜାଜିବା ଦ୍ୱାରା ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ ।

## ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କାରୀ ଶୀତଳକ (Heat Transfer Agent, Coolant)

ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ନିମିତ୍ତ କେଉଁ କେଉଁ ବସ୍ତୁ ଉପଯୁକ୍ତ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ବାଛିବା ପୂର୍ବରୁ ସେମାନଙ୍କର ନିଉକ୍ଲିୟାର ତଥା ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଉତ୍ତମ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ବସ୍ତୁର ନିଉଟନ୍-ଶ୍ରବ୍ଦ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଚ ନିମ୍ନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ଡାକ୍ତର ରାୟଲ୍‌ର ହୋଇଥାଏ ତେବେ ମନ୍ଦକ ଅନୁପାତ ମଧ୍ୟ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ସେମାନଙ୍କର ନିମ୍ନକ୍ଷିତି କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଧର୍ମଥିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

**ଘନତ୍ୱ ଓ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ (Density & Specific Heat) :**—ଘନତ୍ୱ ଓ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଯେତେ ଅଧିକ ହେବ, ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କାରୀର ପ୍ରତି ଏକକ ଆୟତନରେ ଯେତେ ଅଧିକ ତାପ ଏକତ୍ର ହେବ । ଧାତୁ ଗୁଡ଼ିକର ଘନତ୍ୱ ଅଧିକ କିନ୍ତୁ ବିଶିଷ୍ଟତାପ କମ୍ । ତାପୀୟ ପଦାର୍ଥମାନଙ୍କର ଘନତ୍ୱକମ୍ କିନ୍ତୁ ବିଶିଷ୍ଟତାପ ଅଧିକ ।

**ପମ୍ପ କରିବା କ୍ଷମତା (Pumping Power) :**—

ଶୀତଳକକୁ ପମ୍ପ କରି ପଠାଇବାରେ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ବ୍ୟୟିତ ହୁଏ ତାହା ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ପମ୍ପ ହୋଇଥିବା ଶୀତଳକର ଓଜନର ଘନ ଅନୁପାତୀ ଏବଂ ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପ୍ରତିଲେମାନୁପାତୀ (Inversely Proportional) ହୋଇଥାଏ । ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ବୃଦ୍ଧିହେଲେ ପମ୍ପଦ୍ୱାରା ପଠାଯାଉଥିବା ଦ୍ରବ୍ୟର ଓଜନ ହ୍ରାସ ପାଏ । ପରିଣାମ

ସ୍ବରୂପ ଅଧିକ ଘନତ୍ବ ଓ ଅଧିକ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପର ଶୀତଳକକୁ ପସ୍ତ କରିବା ନିର୍ମିତ କମ୍ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏଥିରୁ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଜଳ ଏକ ଶ୍ରେଷ୍ଠତର ଶୀତଳକ ।

## ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଗୁଣାଙ୍କ (Heat Transfer Coefficient)

ରିଆକ୍ଟର କୋଡ୍‌ରୁ ବାଷ୍ପ ବା ଏଲିଭ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଦ୍ବାରା ଶୀତଳକର ଦକ୍ଷତା ଜଣା ପଡ଼ିଥାଏ । ଶୀତଳକର ଏହି ଦକ୍ଷତାକୁ ଏକ ଗୁଣାଙ୍କ ଦ୍ବାରା ବ୍ୟକ୍ତି କରାଯାଏ । ବସ୍ତୁ ଯେତେ ଅଧିକ ତାପ ସୁପରିବାହୀ ହୁଏ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଗୁଣାଙ୍କ ସେତେ ଅଧିକ ହୁଏ । ତରଳ ଧାତୁ ଗୁଡ଼ିକର ତାପ ସୁପରିବାହକତା ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଗୁଣାଙ୍କ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଅଟେ । ଜଳ ଏକ ସନ୍ତୋଷଜନକ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ବସ୍ତୁ କିନ୍ତୁ ବ୍ୟାସଗୁଡ଼ିକର ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକ ସନ୍ତୋଷଜନକ ନୁହେଁ ।

## ସ୍ବିଟିଙ୍ଗ୍ ପଏଣ୍ଟ ଓ ବାଷ୍ପୀୟ ଚାପ (Boiling Point & Vapour Pressure)

ତରଳ ଶୀତଳକର ସ୍ବିଟିଙ୍ଗ୍ ପଏଣ୍ଟ ଯେତେ ଅଧିକ ହୁଏ, ବାଷ୍ପୀୟ ଯେତେ କମ୍ ହୁଏ ଏବଂ ପାଇପ ମଧ୍ୟରୁ ଚାପ ମଧ୍ୟ ଉଚ୍ଚ ହେଉଥିବାରୁ ପାଇପ୍ ପସ୍ତ ଓ ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ସେହି ଅନୁସାରେ ନିର୍ମିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥିରୁ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ତରଳ ଧାତୁ ଖୁବ୍ ଉପଯୁକ୍ତ ପଦାର୍ଥ । ଜଳ ଏକ ଉତ୍ତମ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ବସ୍ତୁ, କିନ୍ତୁ ଏହା ସ୍ବିଟିଙ୍ଗ୍ ପଏଣ୍ଟ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାର ବହୁଳ ବ୍ୟବହାର ଦେଖାଯାଏ ନାହିଁ ।

## ଗଲିଙ୍ଗ୍ ପଏଣ୍ଟ (Melting Point) :—

ସାଧାରଣ ଉତ୍ତପରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଶୀତଳକ ଧାତୁ କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାନ୍ତି । Na-K ମିଶ୍ରଣରୁ (ଗଲିଙ୍ଗ୍ ପଏଣ୍ଟ 56 K ଏବଂ ଗଲିଙ୍ଗ୍ ପଏଣ୍ଟ 44 K) ସାଧାରଣ ଉତ୍ତପରେ ତରଳ ଅଟେ । ଚାର୍ଜିଂ ମାଟ୍ରିଆଲ୍ ଧାତୁ, (Alkali Metal), ସୀସା, ବିସମଥ, ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ପଦ୍ଧତି ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ପୃଥକ ପୃଥକ ଭାବେ ତରଳ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହାଦ୍ବାରା ଗମ୍ୟତା ବଢ଼ି ଜଟିଳ ହୋଇଥାଏ । ଗେଲିୟମ୍ (Gallium) ଧାତୁ ଖୁବ୍ କମ୍ ଉତ୍ତପ (29° C)ରେ ତରଳେ ଏବଂ ଏହା ଏକ ମଲ୍ୟୁସାନ ଧାତୁ । ଜମାଟ ବାନ୍ଧିଲେ ଏହାର ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟତନରେ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ । ଅକ୍ସିଡ଼ର ବନ୍ଦ ହେଲେ ଗେଲିୟମ୍ ପାଇପ୍ ମଧ୍ୟରେ ଜମାଟ ବାନ୍ଧେ ଏବଂ ଏହି ପାଇପ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଫାଟିବାର ବହୁ ଯତ୍ନାବଳୀ । ଏଣୁ ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମାଣ ବେଳେ ଏଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ।



ଶୀତଳକ ଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମାବଳୀର ସମୀକ୍ଷାରୁ ଏହା ଜଣା ପଡ଼ିଲା ଯେ Na-K ମିଶ୍ର ଧାତୁ ଏବଂ ଜଳ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ବସ୍ତୁତ୍ବରେ ଅତି ଉପଯୁକ୍ତ । ସାଧାରଣ ଜଳ ଅତି ଶୁଣ୍ଠା ଓ ସୁଲଭରେ ମିଳିଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଗୁଣାଙ୍କ ଖୁବ୍ ଅଧିକ । ଏବଂ ପାଇପ୍ ମଧ୍ୟଦେଇ ପମ୍ପ କରି ପଠାଇବା ଖର୍ଚ୍ଚ ମଧ୍ୟ କମ୍ ।

## ସଂରଚନାତ୍ମକ ପଦାର୍ଥ (Structural Materials)

ଶିଆକ୍ଟର ନିର୍ମାଣରେ ଯେତେଗୁଡ଼ିଏ ପଦାର୍ଥ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିଥାନ୍ତି, ସେମାନଙ୍କର ଯାନ୍ତ୍ରିକବଳ (Mechanical Strength) ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା । ସୁରକ୍ଷିତ ଛତା ଜାଳେଟ୍, ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରର ପାଇପିଙ୍ଗ୍, ତରଳ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ରକ୍ତବା ପାତ୍ର ତଥା ସହାୟକ ସଂସ୍ଥାର ଗଠନ ଏହାର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ସାଧାରଣତଃ ସଂରଚନାତ୍ମକ ପଦାର୍ଥ, ବିକିରଣ ଦ୍ବାରା ପ୍ରଭାବିତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଦୃଢ଼ ରହୁଥିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପରେ ସଂସ୍ଥାରଣରୂପୀ ହେବା ଏବଂ ଅଧିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରିବା ଅନାବଶ୍ୟକ । ନିମ୍ନରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ମୁଖ୍ୟ ପଦାର୍ଥର ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।

## ଆଲୁମିନିୟମ୍ (Aluminium) :—

ଅଧିକ ପରିବାହିତା, ନିମ୍ନ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟି ତଥା ସନ୍ତୋଷ-ଜନକ ସଂସ୍ଥାରଣ ପ୍ରତିରୋଧୀ ଗୁଣ ହେତୁ  $300-400^{\circ}\text{C}$  ଉତ୍ତାପ ମଧ୍ୟରେ, ସୁରକ୍ଷିତ ଧାତୁମଳ ଜାଳେଟ୍, ଶୀତଳକ ପାଇପ ଗଠନ କରିବାରେ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ବିଶୁଦ୍ଧ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ତେଜସ୍ବିୟ  $\text{Al}^{28}$ ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।  $\text{Al}^{28}$  ଅଳ୍ପ ଆୟୁକାଳ ମଧ୍ୟରେ  $\beta$  ତଥା  $\gamma$  ବିକିରଣ କରିଥାଏ । ତେଣୁ କିଛିକ୍ଷଣ ଶୀତଳ ହେବାପରେ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ନଳୀଗୁଡ଼ିକୁ ଶିଆକ୍ଟରରୁ ବାହାର କରି ନିରାପଦରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇ ପାରେ । ଆଲୁମିନିୟମ୍ରେ ତମ୍ବା, ଲୌହ ମାଙ୍ଗାନିଜ ଓ ଦସ୍ତା ଭଳି ବିପଦଜନକ ଅପଦବ୍ୟ ରହୁଥାନ୍ତି । ଏମାନେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ଅଧିକ ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରର ପାଇପରେ ବ୍ୟବହୃତ ଆଲୁମିନିୟମ୍ରେ ଏସବୁ ଅପଦବ୍ୟର ମାତ୍ରା ଦ୍ରାସ୍ତ ପାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ।

## ଷ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ (Stainless Steel) :—

ଏହା ଏକ ଉତ୍ତମ ସଂସ୍ଥାରଣ ପ୍ରତିରୋଧୀ ଧାତୁ ଅଟେ । ତରଳ ଧାତୁ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରର ପାଇପ୍ ଗଠନରେ, ଶିଆକ୍ଟରର ଜଳୀୟ ସୁରକ୍ଷିତ ଧାତୁ ଏବଂ ତରଳ ଧାତୁ ରଖିବା

ପାତ୍ର ଗଢ଼ିବାରେ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଲୌହସହ ଅନ୍ୟଧାତୁ ମିଶ୍ରି ସ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ହୁଏ । ଏହି ମିଶ୍ରଣ ଦ୍ଵାରା ଲୌହର ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହା ସଂକ୍ଷାରଣ ପ୍ରତିରୋଧୀ ହୁଏ । ଡୋମିୟମ୍, ନିକେଲ, ନିଓବିୟମ୍, ଟିଟାନିୟମ୍, ଟଙ୍ଗଷ୍ଟନ ପ୍ରଭୃତି ଧାତୁକୁ ମିଶ୍ରଣ ନିର୍ମିତ ଉପଯୋଗ କରାହୁଏ । ସ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ର ଲୌହ ତଥା ଅନ୍ୟ ଅଂଶୀଦାରମାନେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ଫର୍ଦ୍ଦ ଆୟୁକାଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଆଇସୋଟୋପ୍ରେ ପରିଚ୍ଛେଦ ହୋଇ ଗାମା ରଶ୍ମି ଉତ୍ପାଦିତ କରାଯାନ୍ତି । ଏହାଦ୍ଵାରା ସ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ନିର୍ମିତ ଉପକରଣ ଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାର କରିବାରେ ଜଟିଳତା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।

## ବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁ (Special Metals)

ଜିରକୋନିୟମ୍, ମଲିବଡେନମ୍, ଟିଟାନିୟମ୍ ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ଏହି ବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁ ମାନଙ୍କର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଏମାନଙ୍କର ଗଳନାଙ୍କ ଉଚ୍ଚ ଏବଂ ଯାନ୍ତ୍ରିକଗୁଣ ମଧ୍ୟ ସନ୍ତୋଷଜନକ ।

ଜିରକୋନିୟମ୍ ର କମ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଅବଶୋଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ, ଉଚ୍ଚ ଗଳନାଙ୍କ ( $1860^{\circ}\text{C}$ ) ତଥା ଅଳ୍ପ ପ୍ରତିରୋଧୀ ଶକ୍ତି ଅଧିକ ହେବା ହେତୁ ଏହା ଉଚ୍ଚ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଜିରକୋନିୟମ୍ ସହ ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷେତ୍ରରେ ହାଫ୍ନିୟମ ମିଶିଥାଏ । ହାଫ୍ନିୟମ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଅବଶୋଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ ଅଧିକ ଅଟେ । ତେଣୁ ଜିରକୋନିୟମ୍ ରୁ ଏହି ଅପଦବ୍ୟକୁ ପୂରାପୂର ମୁକ୍ତ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ମଲିବଡେନମ୍ ଏକ ଉଚ୍ଚ ଗଳନାଙ୍କ ( $2620^{\circ}\text{C}$ ) ବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁ । ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳୀୟ ଅମ୍ଳଜାନ ସହ ମିଶି  $500^{\circ}\text{C}$  ରେ ବାଷ୍ପୀକୃତ ଅକ୍ସାଇଡ୍  $\text{MnO}_3$  ରେ ପରିଚ୍ଛେଦ ହୁଏ । ତେଣୁ ଅଧିକ ଉତ୍ତପରେ ମଲିବଡେନମ୍ କୁ ଉପଯୋଗ କରିବାକୁ ହେଲେ ଏହା ଉପରେ ଏକ ପରିରକ୍ଷକ ପରଦା (Protective Coating) ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଟିଟାନିୟମ୍ ର ଗଳନାଙ୍କ  $1800^{\circ}\text{C}$  ଏବଂ ଏହା ତନ୍ୟ (Ductile), ସଂକ୍ଷାରଣ ପ୍ରତିରୋଧୀ ଅଟେ । ଲୌହ ଓ ତମ୍ବାସହ ସ୍ଥାୟୀ ମିଶ୍ରଣ ଧାତୁ କରିଥାଏ ।

## ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନର ଉତ୍ପାଦନ (Primary Nuclear Fuel Production)

u-235କୁ ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ କହନ୍ତି । ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁରାନିୟମ୍ ରେ u-235 ଶତକଡ଼ା 0.71 ଭାଗ ଥାଏ । ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁରାନିୟମ୍ ରେ ମଧ୍ୟ ତେଜ୍ ଅଭିଭିୟା

ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ସୁରାଜସ୍ୱୟ ଅଧିକ ସମ୍ଭବ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ଏଥିରେ  $u-235$ ର ମାତ୍ରା ଅଧିକ ହେବା ଅତି ଲାଭଦାୟକ । ସଂକେନ୍ଦ୍ରଣ (Concentration)କୁ  $u-235$  ସୁରାଜସ୍ୱୟ ସମ୍ଭବ କରନ୍ତି । ସୁରାଜସ୍ୱୟ ସମ୍ଭବିତ ବାହାରି ବାହାରି ଆଲୋଚନା କରିବା ପୂର୍ବରୁ ସୁରାଜସ୍ୱୟ ଖନନର ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଚର୍ଚ୍ଚା ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

### ସୁରାଜସ୍ୱୟ ଖନନ (Uranium Mining)

ସୁରାଜସ୍ୱୟର ମୁଖ୍ୟ ଧାତୁପିଣ୍ଡ (Ore) ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା ।

କାରନୋଟାଇଟ୍ (Carnotite)— $K_2O, 2u_2O, V_2O_5, 3H_2O$   
(Approx)

ଟ୍ୟୁୟାମୁନାଇଟ୍ (Tyuya Munitite)— $CaO, UO_3, V_2O_5, nH_2O$   
(Calcite Varity)

ୟୁରାନାଇଟ୍ (Uranite)—ପିଚ୍, ବ୍ଲେଣ୍ଡ୍ (Pitch Blende)—

କ୍ଲିଓପାଇଟ୍ (Cleocite), ବ୍ରୋଗ୍ଗରାଇଟ୍ (Broggerite), ନିଭେନାଇଟ୍ (Nivenite),

ଥୋରାନାଇଟ୍ (Thorianite)—ଥୁରାୟ (Th.u) $O_2$  ।

ବେଟାଫାଇଟ୍ (Betafite)—ନିଉବେଟ୍ (Niobate) ଓ ଟିଟାନେଟ୍ (Titanate) ସୁରାଜସ୍ୱୟର ।

ଟୋରବେନାଇଟ୍ (Torbenite)— $CUO, 2UO_3, P_2O_5, 8H_2O$  (କପର ସୁରାନାଇଟ୍)

ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କାରନୋଟାଇଟ୍ ଓ ୟୁରାନାଇଟ୍ ପ୍ରଧାନ । ଧାତୁ ପିଣ୍ଡରୁ ସୁରାଜସ୍ୱୟ ଧାତୁ ପାଇବାର ଏକ ବ୍ୟବସ୍ଥା ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

ଧାତୁ ପିଣ୍ଡକୁ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳ ଓ ନାଇଟ୍ରିକ୍ ଅମ୍ଳ ଦ୍ୱାରା ସଫା କରାଯାଏ । ସୁରାଜସ୍ୱୟ ଓ ଅନ୍ୟ କେତେକ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ (ଲୌହ, ଆଲୁମିନିୟମ୍, ଦସ୍ତା) ପ୍ରଭୃତି ଏଥିରେ ଦ୍ରବୀଭୂତ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ଆଉ କେତେକ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଦ୍ରବୀଭୂତ ନ ହୋଇ ସଲ୍‌ଫେଟ୍ (ସିଫା, ବେସ୍‌ସଲ୍) ରୂପେ ଅବକ୍ଷେପିତ (Precipitated) ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଯୋଡ଼ା, ଫିଲଟର ହୋଇଥିବା ଅମ୍ଳ ଦ୍ରବଣ ଛାଡ଼ି ଦେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସିଫା ଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଅଧିକାଂଶ ମୌଳିକବସ୍ତୁ ଅବକ୍ଷେପିତ ହୁଅନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସୁରାଜସ୍ୱୟ

ଦ୍ରବଣରେ ରହେ ଏବଂ ଫିଲଟର କରାଯାଇ ପୃଥକ୍ କରାଯାଏ । ପୁନଃବାର ନାକଟ୍ରିନ୍ ଅମ୍ଳ ଏଥିରେ ମିଶାଯାଏ ଯେପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହା ସୁରାନାଇଲ ନାକଟ୍ରେଟ୍ରେ ପରିଣତ ହେବ । ଦ୍ରବଣରେ କିଛି ଇଥର ମିଶାଯାଇ ଏହାକୁ ଖୁବ୍ ପୁରାଯାଏ । ସୁରାନୟମ୍ ଜଳୀୟ ଦ୍ରବଣରୁ ଇଥର ଦ୍ରବଣକୁ ଚୁଲିଯାଏ । ଏହି ବିଧିକୁ ବରଣସମ ନିଷ୍କାସନ (Selective Extraction) କହନ୍ତି । ଏଥିରୁ ଖୁବ୍ ବରୁକ୍ ସୁରାନୟମ୍ ଧାତୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ସୁରାନାଇଲ ନାକଟ୍ରେଟ୍‌କୁ ଜଳାଇଲେ ଏଥିରୁ ସୁରାନୟମ୍-ସୁରାନିକ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍  $U_3O_8$  ମିଳିଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମିତ ଆବଶ୍ୟକ ସୁରାନୟମ୍‌ରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଅବଶୋଷଣ କରୁଥିବା ଅପଦ୍ରବକୁ ବହୁସ୍ଥର କେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଅବଶୋଷଣ କରୁଥିବା ଅପଦ୍ରବ୍ୟ ବୋରନ, କାଡ଼ମ୍ବିୟମ୍, ଗୋଡୋଲିୟମ୍, ଇଣ୍ଡିୟମ୍ ଇତ୍ୟାଦିର ସାନ୍ଦ୍ରତା  $10^{-6}$  ରୁ ଅଧିକ ନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ସୁରାନୟମ୍‌କୁ ପ୍ରଥମେ ରାସାୟନିକ ଯୌଗିକରେ ପରିଣତ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ତତ୍ପରେ ଏହାକୁ ସମୃଦ୍ଧ କରାଯାଏ ।

## ସୁରାନୟମ୍ ସମୃଦ୍ଧି (Uranium Enrichment)

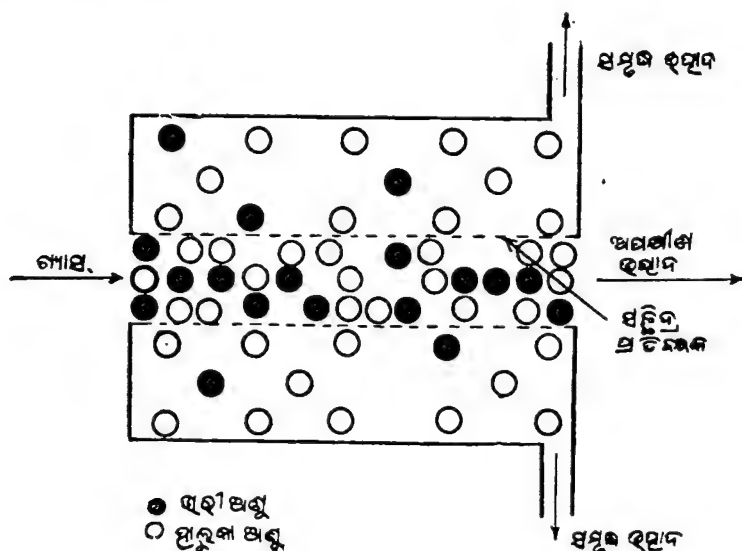
$u-235$  ଓ  $u-238$ ର ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ବ ମଧ୍ୟରେ ସାମାନ୍ୟ ପାର୍ଥକ୍ୟ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ । ଏହାର ଉପରେ ଭିତ୍ତିକରି ସୁରାନୟମ୍ ସମୃଦ୍ଧି ନିର୍ମିତ ଗୁରୁଗୋଟି ପଦ୍ଧତି ଅନୁସରଣ କରାଯାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା—ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ, ତାପୀୟ ବିସରଣ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ, ପୃଥକୀକରଣ ଚକ୍ଷୁ ବିଧି ଓ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ପଦ୍ଧତି ।

### (1) ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ବିଧି (The Gaseous Diffusion Method)

ହାଲୁକା ଗ୍ୟାସର ଅଳ୍ପ ଭାଗ ଗ୍ୟାସ ଅଳ୍ପ ଅପେକ୍ଷା ସରଳପଥ (Porous Barrier) ମଧ୍ୟଦେଇ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ବିସରଣ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ତଥ୍ୟ ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ବିଧିର ମୂଳ ଭିତ୍ତି । ଏହି ପଦ୍ଧତି ନିର୍ମିତ ସାଧାରଣ ତାପ ଓ ଗୁପ୍ତରେ ସୁରାନୟମ୍ ଯୌଗିକ ଗ୍ୟାସୀୟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏପରି କୌଣସି ଯୌଗିକ ପଦାର୍ଥ ଜାଣି ହୋଇନାହିଁ । ସାଧାରଣ ଉତ୍ତପରେ  $UF_6$  (Uranium Hexafluoride) ସୁରାନୟମ୍ ହେକ୍ସାଫ୍ଲୁରାଇଡ୍ କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ରହେ ଏବଂ ଏହାର ଗ୍ୟାସୀୟ ରୂପ ଅଧିକ । ଅସଂପୂର୍ଣ୍ଣ (Non-Saturated)  $UF_6$  ଗ୍ୟାସ୍ ଏହି ଗ୍ୟାସୀୟ ବିଧିରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ । ବିସରଣ ହେବା ଅନୁମାନକ ମଧ୍ୟରେ ବସ୍ତୁତ୍ବର ଅନ୍ତର ଖୁବ୍ କମ୍ ।

$U^{235}F_6$ ର ଆଣବିକ ଓଜନ  $235+6\times 19=349$  ଏବଂ  $U^{238}F_6$ ର 352 ଅଟେ ।

ଅଣୁମାନଙ୍କର ତାପୀୟ ଗତିବେଗ ସେମାନଙ୍କ ବସ୍ତୁତ୍ବର ବୃତ୍ତାନ୍ତରାସ (Inversely Proportional) ଅଟେ । ଅର୍ଥାତ୍  $U^{235}$  ଓ  $U^{238}$  ଅଣୁମାନଙ୍କର ତାପୀୟ ବେଗର ଅନୁପାତ  $\sqrt{352/349}=1.0043$  ଅଟେ । ହାଲୁକା ଅଣୁମାନଙ୍କର ବେଗ ଶୁଦ୍ଧ ଅଣୁମାନଙ୍କର ବେଗ ଅପେକ୍ଷା କେବଳ ଶତକଡ଼ା 0.43 ଅଧିକ । ଆଣବିକ ବେଗ ମଧ୍ୟରେ ଅଳ୍ପର ଅଲ୍ପହେଲେ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥୂଳାବସ୍ଥା, ଆଇସୋଟୋପିକ୍ ଏବଂ ବିଧିବଦ୍ଧ ପୃଥକ କରାଯାଇ ପାରେ ।

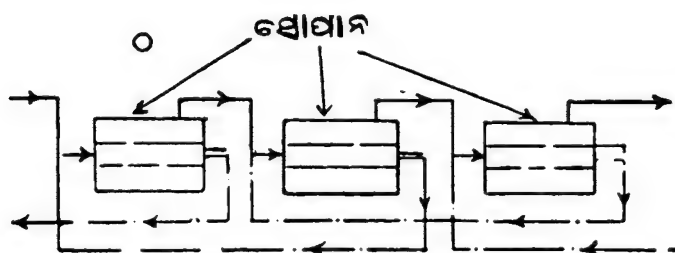


(ଚିତ୍ର ନଂ-11)

ଚିତ୍ର 11ରେ ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ନିମିତ୍ତ ଝିଲି ବାକ୍ସ (Membrane Box) ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ପ୍ରଥମତଃ ଦୁଇ ଥର, ପତ୍ତ ମଧ୍ୟଦେଇ ମିଶ୍ରଣକୁ ପଠାଯାଏ । ଝିଲି ବାକ୍ସ ଏପରି ନିର୍ମିତ ହୋଇଛି ଯେ ମିଶ୍ରଣରୁ ଅଧିକ ଝିଲି ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତିକଲବେଳେ ବାକ୍ସ ଅଂଶ ଝିଲି ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି ନ କରି ବାହାରକୁ ବାହାରିଯାଏ । ଝିଲି ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରେବା ଅଂଶ ମଧ୍ୟରେ  $U^{235}F_6$  ଅଣୁମାନଙ୍କର ଚୂର୍ଚ୍ଚି ହୋଇଥାଏ (ସମୃଦ୍ଧ ଭାଗ) । ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶରେ  $U^{235}F_6$  ଅଣୁମାନେ ଅପସାରିତ (Depleted) ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଗୋଟିଏ ଝିଲି ବାକ୍ସରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ପରୀକ୍ଷା ମୂଳକ ଭାବେ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ପ୍ରତି ସେପାନ (Stage)ରେ ଏହି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ 1.0014 ହୁଏ । ଯଦି ଏହିପରି  $n$  ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ସେପାନ ଥାଏ ତେବେ ପୃଥ୍ବୀକାଳରଣର ମୂଲ୍ୟ  $(1.0014)^n$  ହୁଏ । 1800 ସେପାନ ପରେ ଯୁଗ୍ମନିୟମ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରାୟ 10 ଗୁଣା ହୋଇପାରେ ।  $u-235$  ସାଧାରଣ ଭାବେ ଶତକଡ଼ା 0.71 ଭାଗ ମିଳିଥାଏ । ଏହାକୁ ଶତକଡ଼ା 99 ଭାଗକୁ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହେଲେ  $n$ ର ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରାୟ 4,000 ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଏ ପ୍ରକାର ସେପାନପାତ (Cascade) ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାଗକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବାକ୍ସରେ ଏବଂ ଅପକ୍ଷୀଣ ଭାଗକୁ ପଛବାକ୍ସରେ ପଠାଯାଏ । ଏହି ପଦ୍ଧତି ଦ୍ଵାରା ବହୁ ସଂକେନ୍ଦ୍ରିତ (Concentrated)  $u-235$  ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇପାରେ ।

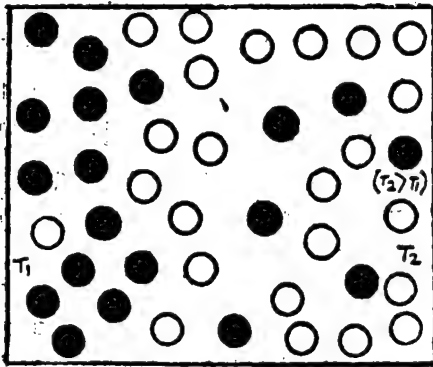


(ଚିତ୍ର ନଂ-12)

ଗ୍ୟାସର ଅଣୁଗତି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (Kinetic Theory of Gases)ର ସମୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ସାଧାରଣ ଗ୍ୟାସରେ ସରଳ ପଟ ଲେଖା ଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟାସ,  $1/\sqrt{n}$  କିମ୍ବଦନ୍ତୀ ସେମି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏପରି କରିବା ନିର୍ମିତ ରୂପା-ଦସ୍ତାର ଏକ ପତଳା ପରଦା ଉପରେ ହାଇ ଡ୍ରୋଲୋରିକ ଅମ୍ଳ ଦ୍ଵାରା ନିଷ୍କାରଣ (Etching) କରାଯାଏ । ଏହି ଅମ୍ଳ କେତେ-ଗୁଡ଼ିଏ ଦସ୍ତା ଅଣୁକୁ ଦ୍ରବୀଭୂତ କରିବା ପରେ ଏହି ଧାତବ ସିଟ୍ ଉପରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ରହି ହୋଇଯାଏ ।

## (2) ତାପୀୟ ବିସରଣ ବିଧି (Thermal Diffusion Method)

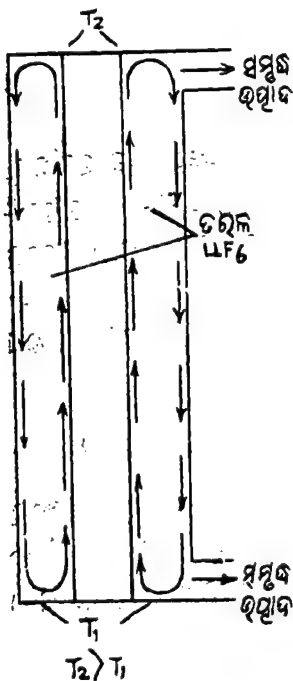
ଯଦି ଦୁଇଟି ଗ୍ୟାସ ଅଥବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମିଶ୍ରଣକୁ ଏପରି ଏକ ପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ ଯାହାର କାନ୍ଥ (Wall) ଦ୍ରୁତ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ତପ୍ତ ତାରତମ୍ୟ ଥାଏ ତେବେ ଶୀତଳ କାନ୍ଥ ଅପେକ୍ଷା ଉତ୍ତମ କାନ୍ଥରେ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ସଂକେନ୍ଦ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାକୁ ତାପୀୟ ବିସରଣ କହନ୍ତି ।



● ଭାରୀ ଅଣୁ  
○ ସହଜ ଅଣୁ

(ଚିତ୍ର ନଂ 13)

ଏହି ଚିତ୍ରା ତରଳ ସୁରନିୟମ୍ ହେକ୍ସେ ଫ୍ଲୁରାଇଡ୍ରେ ଦିଆଯାଇଛି । ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ପଦ୍ଧତି ଭଳି ଏଥିରେ ପ୍ରାଥମିକ ପୃଥକୀକରଣ ଗୁଣାଙ୍କ (Primary Separation Factor) କମ୍ । ତାପୀୟ ବିସରଣ ଓ ପୁନଃ ଚକ୍ରଣ (Recycling) ଉଭୟ ପଦ୍ଧତି ଦ୍ଵାରା ପୃଥକୀକରଣ ଗୁଣାଙ୍କକୁ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-14)

ଉତ୍ତମ କାନ୍ଥରେ ସମବେତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଅତି କେତେକ ଗ୍ୟାସରେ ଏହାର ଠିକ୍ ବିପରୀତ ଦିଆଯାଏ । ଅଣୁମାନଙ୍କର ପୃଥକୀକରଣର ମାନ ମୁଖ୍ୟତଃ ମିଶ୍ରଣର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହା ମଧ୍ୟ ମିଶ୍ରଣର ଗୁଣ ତଥା ହାରାହାରି ଉତ୍ତପ୍ତ ଉପରେ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଭର କରେ ।

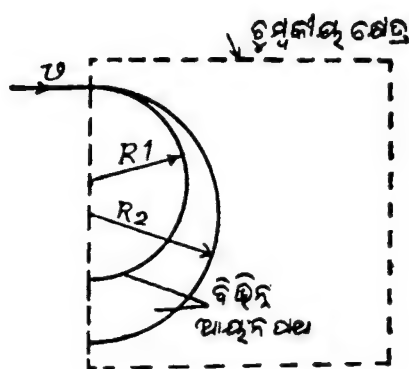
ତାପୀୟ ବିସରଣ ଯେ କେବଳ ଦୁଇ ବିଭିନ୍ନ ଗ୍ୟାସ୍ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମିଶ୍ରଣରେ ଦେଖାଯାଏ ତାହା ନୁହେଁ, ଏହା ମଧ୍ୟ ଅଜସୋଟୋପ୍ ମିଶ୍ରଣରେ ଦେଖାଯାଏ ।

ଏଥି ନିମିତ୍ତ ତାପୀୟ ବିସରଣ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ପାଞ୍ଚ ପ୍ରକାର ରୂପେ ନିର୍ମିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଏକ କେନ୍ଦ୍ରୀ ନଳୀ ଥାଏ । ନଳୀ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନ ତରଳ ସୁରନିୟମ୍ ହେକ୍ସାଫ୍ଲୁରାଇଡ୍ ଦ୍ଵାରା ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ନଳୀରେ ଅଧିକ ଉତ୍ତପ୍ତ ଓ ଅନ୍ୟଟିରେ କମ୍ ଉତ୍ତପ୍ତ ( $uF_6$  ହିମାଙ୍କଠାରୁ କମ୍ ନୁହେଁ) ଦିଆଯାଏ । ଶୀତଳ ଓ ଉତ୍ତମ କାନ୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ଵ ନିମ୍ନ ଥିବାରୁ ଏବଂ ଉତ୍ତମ କାନ୍ଥ ନିକଟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଘନତ୍ଵ ଲଘୁ ହୋଇଥିବାରୁ ସଂଚଳନ (Circulation) ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଉତ୍ତମ କାନ୍ଥ ଲାଗି ଉପରକୁ ଉଠେ ଏବଂ ଶୀତଳ କାନ୍ଥକୁ ନିଜ ଚଳି ଖସେ । ଏଥି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ପ୍ରକ୍ଷୁଦ୍ର ତାପୀୟ ବିସରଣ ହୋଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ହାଲୁକା  $u^{235}F_6$  ଅଣୁ ଉତ୍ତମ କାନ୍ଥର ନିକଟରେ ଏକତ୍ର ହେବା ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି । ଉତ୍ତମ ପ୍ରକାର ବିଧି ମିଶ୍ରଣରେ ପ୍ରକ୍ଷୁଦ୍ର ନିମ୍ନଗତ ଅପେକ୍ଷା ଉଚ୍ଚ ଗୁଣରେ  $u-235$  ଅଜସୋଟୋପର ସଂକେନ୍ଦ୍ରଣ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।

ସମୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଅସଂଚଳନ ତାପୀୟ ବିସରଣ (Non-Circulation Thermal Diffusion) ଗ୍ରନ୍ଥ ଅପେକ୍ଷା ସଂଚଳନ ତାପୀୟ ବିସରଣ ଗ୍ରନ୍ଥରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କେତେ ଗୁଣରେ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସୁରକ୍ଷିତ ନିର୍ମିତ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନାରକର ମାନ ଖୁବ୍ କମ୍ ।  $u-235$ କୁ ଅତି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିବାକୁ ହେଲେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଗ୍ରନ୍ଥକୁ ଉଦ୍ଧାରୋଦ୍ଧାର କ୍ରମରେ ଲଗାଇ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରେ । ଏହି ପୃଥ୍ବୀକରଣ ବିଧିରେ ଦୁଇଟି ଗ୍ରନ୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ବିଭିନ୍ନ ରାସାୟନ ନିର୍ମିତ ଅତ୍ୟଧିକ ଶକ୍ତିର ଆବଶ୍ୟକତା ହୋଇଥାଏ ।

### (3) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଧି (The Electromagnetic Method)

ଯଦି ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଏକ ଦିଗରେ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ଏବଂ ଏକ ପରିବେଶରେ ଗତିକରି, ଆୟନ ଦିଗ ସହ ଲମ୍ବଭାବେ ପ୍ରଭାବ ପକାଇଥିବା ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ସମାନ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରବେଶ କରେ ତେବେ ଏହି ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଏକାକୀ ଶକ୍ତି ଗୁଣକୁ ପ୍ରଦାନ କରି ହୋଇଥାନ୍ତି ଯାହା ଉତ୍ତମ ଆୟନ ଦିଗ ଓ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ସହ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।



କୌଣସି ଆୟନ ଦ୍ଵାରା ଅନୁଭୂତ ବଳ  $F = e.v.H$ . ଗୁଣ୍ୟ ଅଟେ ।

ଏଠାରେ  $e$ , ଆୟନ ଗୁଣ୍ଟ.

$v$ , ଏହାର ପରିବେଗ.

$H$ , ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ମାନ ଅଟେ ।

ଏହା ଅଭିକେନ୍ଦ୍ରୀ ବଳ ଅଟେ ।

$$e v H = \frac{mv^2}{R}$$

( ଚିତ୍ର ନଂ-15 )

ଏଠାରେ  $m$ , ଆୟନର ବସ୍ତୁତ୍ଵ,

$R$ , ଆୟନପଥ ବକ୍ରତାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ,

ପରିଣାମ ସ୍ଵରୂପ ଆୟନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରବେଶ କରି  $R$  ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ପରିଧି ଉପରେ ଗମନ କରେ ।

$$R = \frac{mv}{eH} .$$



ସମପରିବେଗ ତଥା ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପରିଧିରେ ଗମନ କରିଥାନ୍ତି ଯାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସେମାନଙ୍କର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯହା ସମାନୁପାତୀ ।

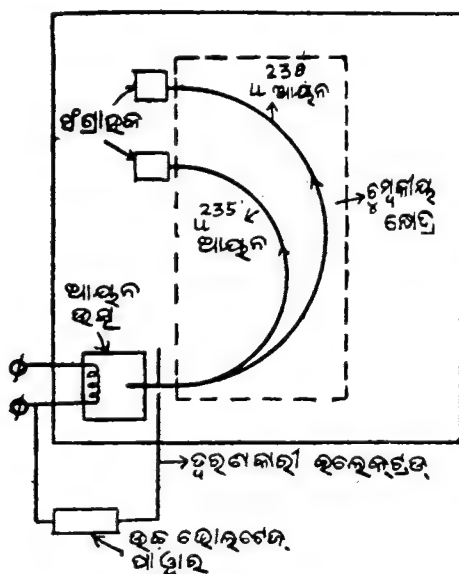
ଯଦି ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟନଗୁଡ଼ିକର ସମ ପରିବେଗ ନ ହୋଇ ସମ ଗତିଜ ଶକ୍ତି (Kinetic Energy) ହୁଏ ତେବେ ଏହା ଅତି ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ।

ଯଦି ଆୟନ ଗତିଜ-ଶକ୍ତି  $W = \frac{mv^2}{2}$  ହୁଏ ତେବେ ସମୀକରଣ  $R = \frac{mv}{eH}$  ରୁ

$v$  କୁ ବାଦ ଦେଲେ

$$R = \frac{\sqrt{2 W m}}{eH}$$

ଯଦି ଆୟନ ଶକ୍ତି ସମାନ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଭିନ୍ନ ହୁଏ ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ପରିଧିର ବ୍ୟାସ ମଧ୍ୟ ଭିନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଆୟନ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଗ ମୂଲ୍ୟର ସମାନୁପାତୀ ହୁଏ । ଏ ପ୍ରକାର ପରିକ୍ଷିତ ସୁରକ୍ଷିତ ତଥା ଅନ୍ୟ ଯେଉଁ ମୌଳିକବସ୍ତୁର ଆଇସୋଟୋପ୍ ପୃଥକ୍ କରିବାରେ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରେ ।



ୟୁରାନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ କୁ ପୃଥକ୍ କରବା ନିମିତ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉପକରଣ ଚନ୍ଦ୍ର 16 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଆୟନ ସେଫ୍ଟରେ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅଥବା ଅତ୍ୟଧିକ ବାଷ୍ପଶୀଳ ଯୁରାନିୟମ୍ ଯୌଗିକ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଏ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଆଘାତ ଦ୍ଵାରା ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଅବସ୍ଥାରେ ଆୟନକରଣ ହୋଇଥାଏ । ଉତ୍ସାଦିତ ଆୟନ ଅନେକ ରେଖାଛେଦ (Slit)କୁ ଅତିକ୍ରମ କରି ଏକ ସରୁ ଆୟନଗୁଚ୍ଛରେ ପରିଣତ ହୋଇ ତ୍ଵରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ (Acceleration Chamber) ପ୍ରବେଶ କରେ । ଏଠାକାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆୟନ ତ୍ଵରିତ ହୋଇ ଅତ୍ୟଧିକ ଶକ୍ତି ଗ୍ରହଣ କରେ । ପ୍ରବେଶ କରବା ସମୟରେ ଆୟନଗୁଚ୍ଛକର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବେଗ ବହୁତ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହା କଲ୍ଡନ କରାଯାଇଥାରେ ଯେ ନିର୍ଗତ ହେବା ସମୟରେ ସରୁ ଆୟନର ଶକ୍ତି ସମାନ  $W = eU$  ହୁଏ ।

ଏଠାରେ  $e$ , ଆୟନ ଚାର୍ଜ୍,

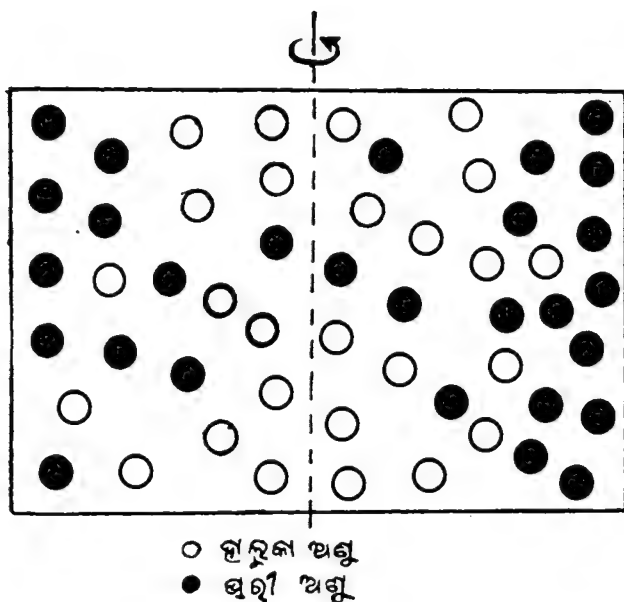
$U$ , ତ୍ଵରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ।

ତ୍ଵରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରୁ ଆୟନଗୁଚ୍ଛ ଆୟନ ପୃଥକ କରୁଥିବା ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରନ୍ତି । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଭାବରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ଵ ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟନଗୁଚ୍ଛ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବୃତ୍ତର ପରିଧି ଉପରେ ଗତି କରିବାକୁ ଲାଗନ୍ତି । ପୃଥକକରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ ଆୟନଗୁଚ୍ଛ ସଂଗୃହୀତ ହେବା ନିମିତ୍ତ ବନ୍ଦୋବସ୍ତ କରାଯାଇଛି । ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ଵର ଆୟନଗୁଚ୍ଛ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ସଂଗୃହୀତ ଆୟନଗୁଚ୍ଛ ନିଷ୍କ୍ରିୟ (Neutralised) ହେବାପରେ ପାତ୍ରର କାଢ଼ି ଉପରେ ଯୁରାନିୟମ୍ ଯୌଗିକ ରୂପେ ଲାଗିଯାଏ । ପୃଥକକରଣ ପଦ୍ଧତି ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ହେବାପରେ ଆୟନଗୁଚ୍ଛକୁ ଏକତ୍ର କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉପକରଣକୁ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ବାହାରକୁ ନିଆଯାଇ, ଯୁରାନିୟମ୍ କୁ ଅନ୍ୟ ସରୁ ମୌଳିକବସ୍ତୁର ସାହାଯ୍ୟକ ଉପାୟରେ ପୃଥକ୍ କରାଯାଏ । ଏହି ପଦ୍ଧତି ଅନ୍ତରାୟୀ ଶକ୍ତି ପ୍ରତିଶତ ପୃଥକକରଣ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଏକ ଯୁନିଟ୍ ଅଧିକ ବିଶୁଦ୍ଧ  $u-235$  ଅଳ୍ପ ପମୋଗରେ ମିଳିଥାଏ । ଅତ୍ୟଧିକ ମାତ୍ରାରେ  $u-235$ କୁ ପ୍ରାପ୍ତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହିପରି ଆଉ କେତେକ ଯୁନିଟ୍ ଏକ ସମୟରେ ଉପଯୋଗ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

## ୪ । ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ବିଧି (Centrifugation Method)

ଯଦି କୌଣସି ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣରେ ବିଭିନ୍ନ ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ଵ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଗ୍ୟାସର ମିଶ୍ରଣକୁ ଖୁବ୍ ବେଗରେ ଘୂରାଯାଏ ତେବେ ହାଲୁକା ଗ୍ୟାସ୍ ଅପେକ୍ଷା ଭାରୀ ଗ୍ୟାସ୍ ବାହାର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉପରେ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଏକତ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ । ଅତଏବ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉପରେ

ଭାଗ୍ୟ ଗ୍ୟାସ୍ ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଗୁଣ୍ଠିନ ଅକ୍ଷ ନିକଟରେ ଥିବା ଭାଗ୍ୟ ଗ୍ୟାସ୍ ର ସାନ୍ଦ୍ରତାଠାରୁ ଅଧିକ ।



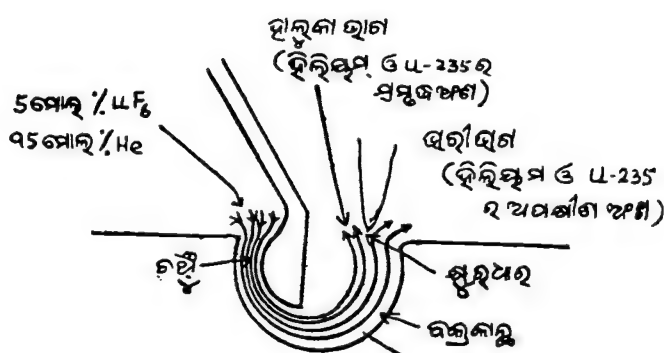
(ଚିତ୍ର ନଂ-17)

$uF_6$  ବାଷ୍ପରୁ ମୁକ୍ତନିୟମ ଆଲୋକୋଟୋପକୁ ପୃଥକ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହି ବିଧିକୁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ବିଧିରେ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣରେ ବାଷ୍ପ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏବଂ ପରିଧି ଓ ଅକ୍ଷରୁ କମଣ୍ଡା ସମ୍ପୃକ୍ତ ତଥା ଅପକ୍ଷୀଣ ବାଷ୍ପକୁ ବାହାର କରିବା କଠିନ ବ୍ୟାପାର ଅଟେ ।

ଯଦି ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ଲମ୍ବ ରୂପେ ଦିଶାୟମାନ ହୁଏ ତେବେ ବାଷ୍ପର ଏକ ସ୍ରୋତ କାନ୍ଥ ନିକଟରେ ନିମ୍ନକୁ ଏବଂ କେନ୍ଦ୍ର ଅକ୍ଷ ନିକଟରେ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ବକୁ ପଠାଯାଇପାରିବ । ଏହି ଉପକରଣ ଉପରିଭାଗରେ କେନ୍ଦ୍ର ନିକଟରେ ହାଲୋଜେନ୍ ଆଲୋକୋଟୋପକୁ ପୃଥକ କରିବା ସମ୍ଭବ । ସେହିପରି ନିମ୍ନ ପରିଧି ନିକଟରେ ଉଦାତ୍ତ ଆଲୋକୋଟୋପକୁ ପୃଥକ କରିବା ମଧ୍ୟ ସମ୍ଭବ ।

### ୪ । ପୃଥକକରଣ ଚଞ୍ଚୁ ବିଧି (Separation Nozzle Method)

ଏହା ଏକ ଚଞ୍ଚୁ ପ୍ଲେଟ୍, ବନ୍ଧ କାନ୍ଥ ଏବଂ ଉତ୍ତ-ଧାର ନେଇ ଗଠିତ । ଶତକଡ଼ା 5 ମୋଲ୍ (mole)  $uF_6$  ଓ 95 ମୋଲ୍ ହିଲିୟମ୍ ର ଏକ ମିଶ୍ରଣ ଏହି ଉପକରଣରେ ବାମ



(ଚିତ୍ର ନଂ-18)

ପଟେ ଦିଆଯାଏ । ଚଷ୍ଟୁମ୍ବେଟର ଦକ୍ଷିଣ ପଟେ ଗୁପ୍ତ ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ କମ୍ କରାଯାଏ । ଏହି ଗୁପ୍ତ ପ୍ରବଣତା (Pressure—gradient) ପ୍ରଭାବରୁ ମିଶ୍ରଣ ବନ୍ଦିତ, ମଧ୍ୟ-ଦେଇ ଗତିକରେ । ଏହି ବନ୍ଦିତ ଚଷ୍ଟୁମ୍ବେଟ୍ ଓ ବନ୍ଦିତ ନେଇ ଗଠିତ । ଶୁରୁ-ଧାର ଆସୁଥିବା ସେ, ତଳୁ ହାଲୁକା ଓ ଭାରୀ ଦୁଇଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରେ ଏବଂ ସେମାନେ ପୃଥକ ପୃଥକ ଭାବେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଅନ୍ତି । ହାଲୁକା ଅଂଶରେ  $uF_6$  ଅପେକ୍ଷା ହିଲିୟମ୍ ଅଧିକ ମାତ୍ରାରେ ଯମ୍ବୁକ ହୋଇଥାଏ । ଏବଂ  $uF_6$  ରେ ହାଲୁକା ମୁରୁଦିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଭାଗ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଅପେକ୍ଷା ଯମ୍ବୁକ ହୁଏ । ଏହାର ଠିକ୍ ବିପରୀତ ଭାଗ ଅଂଶରେ ହୋଇଥାଏ । ହିଲିୟମ୍ ମିଶ୍ରଣ ଦ୍ଵାରା  $uF_6$  ର ସେ, ତଳ ପଟେ ବେଗରେ ବୃଦ୍ଧି ଦିଆଯାଏ । ଏହାଦ୍ଵାରା ପ୍ରାଥମିକ ଭାବେ ମୁରୁଦିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ ପୃଥକକରଣ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବିଧିରେ ପ୍ରାୟ ମୁରୁଦିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ ବିପରୀତ ବିଧିରୁ ପ୍ରାୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଅପେକ୍ଷା 3 ଗୁଣ ଅଧିକ ।

ଅନ୍ୟ ବିଧି ଭଳି ଏହି ପ୍ରାଥମିକ ବିଧିରୁ ସୋପାନ କ୍ରମରେ ସକାଯାଇପାରେ ଏବଂ ଆଶାକରଣ ଭାବେ  $u-235$  ଆଇସୋଟୋପ୍ ପୃଥକ କରାଯାଇପାରେ ।

## ଦ୍ଵିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ଉତ୍ପାଦନ (Secondary Nuclear Fuel Production)

$u-238$  ଓ  $Th-232$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ଯଥାକ୍ରମେ  $Pu-239$  ଓ  $u-233$  ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ଵିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ।

## ପୁ ଟୋନିୟମ୍—239ର ଉତ୍ପାଦନ (Manufacturing Pu—239)

ବହୁ ପରିମାଣର ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ବିଭିନ୍ନ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକରୁ ଅଳ୍ପପରିମାଣର ପୁ ଟୋନିୟମ୍‌କୁ ପୃଥକ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ରାସାୟନିକ ଦୃଷ୍ଟି କୋଣରୁ ଏହି କ୍ରିୟା କଠିନ ଜଣାପଡ଼େ କାରଣ ପୃଥକ ହେଉଥିବା ବସ୍ତୁର ସଂକେତ, ଶୁଦ୍ଧ ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ରାସାୟନିକ ପୃଥକକରଣ କ୍ଷମତା ମଧ୍ୟ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକର କ୍ରିୟାଶୀଳତା ହେତୁ କୌଣସି ଅଭିକର୍ମକୁ (Reagent) ସିଧାସଳଖ ପ୍ରୟୋଗ କରି ହୁଏନାହିଁ । ଅତଏବ ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ କ୍ରିୟାକୁ ଦୂର-ନିୟନ୍ତ୍ରଣ Remote-control) ବ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏପରିକି ପୁ ଟୋନିୟମ୍, କ୍ରିୟାଶୀଳ ବିଭିନ୍ନ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକରୁ ପୃଥକ କରାଗଲେ ଏହାର ଡାକ୍ତା ରାସାୟନିକ ବିଷମୟ ପ୍ରଭବ ଏବଂ ୧—କ୍ରିୟାଶୀଳତା ହେତୁ ଏହାକୁ ଅତି ସାବଧାନତା ସହକାରେ ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀରରେ ଏହି ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ Pu—239ର କିଛି ମାଇକ୍ରୋଗ୍ରାମ୍ ପ୍ରବେଶ କଲେ ମୃତ୍ୟୁ ଅବଶ୍ୟମ୍ଭାବ ।

ପୁ ଟୋନିୟମ୍ କୁ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରୁ ପୃଥକ କରିବା ଦିଗରେ ପ୍ରଥମ ପଦକ୍ଷେପ ହେଲା ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁମଳକୁ ଶୀତଳ କରିବା । ଶୀତଳ କରିବା ସମୟ ଏପରି ବସ୍ତୁଯାଏ ଯେପରି ଅଳ୍ପ ଆମ୍ଳକାଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକରେ ବିଦ୍ୟତନ ଘଟି ତେଜସ୍ବିୟତା କମିଯିବ । ଶୀତଳୀକରଣ ପରେ ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ନାଲଟ୍ରିକ୍ ଅମ୍ଳରେ ଦ୍ରବୀଭୂତ କରାହୁଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଗ୍ୟାସୀୟ ତେଜସ୍ବିୟ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ (ଜେନନ ଓ କ୍ରିପ୍ଟନ୍) ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଜେନନ ଓ କ୍ରିପ୍ଟନ୍ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ଅତ୍ୟଧିକ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ବାୟୁସହ ମିଶାଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଗୁଡ଼ିଦିଆହୁଏ ଯେପରି ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ କର୍ମରୂପ ଓ ସମୀପବର୍ତ୍ତୀ ବସ୍ତୁ ସମୂହର ନାଗରିକମାନଙ୍କ ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟରେ କୌଣସି କ୍ଷତି ନ ଘଟେ । ଆୟୋଡିନ ଭଳି ଅଧିକ ତେଜସ୍ବିୟ ବାଷ୍ପକୁ ପୃଥକ୍ ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇପଡ଼େ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପୁ ଟୋନିୟମ୍, ୟୁରାନିୟମ୍ ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକରେ ରାସାୟନିକ ପୃଥକକରଣ କରାଯାଏ । ଏହି ପୃଥକକରଣ ଏମାନଙ୍କ ଜାରଣ ବିନାରଣ (Oxidation Reduction) ଧର୍ମ ଉପରେ ଆଧାରେ । ପୁ ଟୋନିୟମ୍‌କୁ ଡାକ୍ତା ଜାରଣ ଅବସ୍ଥାରୁ ନିମ୍ନ ଜାରଣ ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣି ଫ୍ଲୋରିନ୍ ଯୌଗିକ ରୂପରେ ଏକତ୍ର କରିବା ସହଜ ଅଟେ ଏବଂ ୟୁରାନିୟମ୍ ସେହିପରି ଦ୍ରବଣରେ ରହିଥାଏ । ରାସାୟନିକ ବାହକ ବ୍ୟୟ (Chemical Carrier Method) ଦ୍ୱାରା ଏହି ପଦ୍ଧତିର ଦକ୍ଷତା ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇ ପାରେ । ଏହି ବାହକ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱିବର୍ଣ୍ଣରେ କୌଣସି ଏକ ମୌଳିକବସ୍ତୁକୁ ମିଶାଇ ଦିଆଯାଏ । ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବସ୍ତୁ ଏହି ନୁହେଁ ବସ୍ତୁ ସହ କ୍ରିୟା କରି ବିକ୍ଷେପିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଦ୍ରବଣରୁ ଏହାକୁ

ପୃଥକ୍ କରାଯାଏ । ଏହି ନୂତନ ଯୋଗ କରାଯାଇଥିବା ବସ୍ତୁକୁ ବାହକ କହନ୍ତି । ଲାନଥାନମ୍ ଓ ସେରିୟମ୍ ସୁଦକ୍ଷ ବାହକ ଅଟନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନେ  $\text{La F}_3$  ଓ  $\text{Ce F}_3$  ରୂପେ ଅବ-  
ଶେଷିତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ଫ୍ଲୁଇଇଡ଼ଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ସହ ପୃଥକ୍  
ହୋଇଥାନ୍ତି । ପ୍ରଚଳିତ ବିଧି ଅନୁସାରେ ବିଭିନ୍ନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକଠାରୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌କୁ  
ପୃଥକ୍ କରାଯାଏ । ପୃଥକ୍ ହୋଇଥିବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଯୌଗିକରୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଧାତୁ  
ମିଳେ ଏବଂ ଏହା ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

### ବିଶୁଦ୍ଧ ଯୁରାନିୟମ୍--233ର ଉତ୍ପାଦନ (Producing Pure u-233)

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବହୁ ଅଧିକ ପରିମାଣର ଥୋରିୟମ୍ ତଥା ଅତି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ  
ପ୍ରୋଟାକ୍ଟିନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍  $\text{Pa}^{233}$ ରୁ ଖର୍ଚ୍ଚ କମ୍ ପରିମାଣର ଯୁରାନିୟମ୍‌କୁ  
ପୃଥକ୍ କରାଯାଏ । ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗ୍ରହଣ କରିଥିବା ଥୋରିୟମ୍ କୁ ପ୍ରାୟ 6 ମାସ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଶୀତଳ  
କରିବା ଦ୍ଵାରା  $\text{Pa}^{233}$  ବିଘଟିତ ହୋଇ u-233ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଅବଶେଷର ବିଧି  
ଦ୍ଵାରା ଯୁରାନିୟମ୍‌କୁ ଥୋରିୟମ୍‌ରୁ ପୃଥକ୍ କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ; କାରଣ ଥୋରିୟମ୍ ଦ୍ରବଣ  
ମଧ୍ୟରେ ଥିବାବେଳେ ଯୁରାନିୟମ୍ ଅଦ୍ରାବ୍ୟ (Insoluble) ଯୌଗିକ ଗଠନ କରେ  
ନାହିଁ । ଥୋରିୟମ୍ ନାଇଟ୍ରେଟ୍ ଓ ଯୁରାନିୟମ୍ ନାଇଟ୍ରେଟ୍‌ର ଜଳୀୟ ଦ୍ରବଣରୁ ଯୁରାନିୟମ୍‌କୁ  
ଜଥର ସାହାଯ୍ୟରେ ପୃଥକ୍ କରିବା ଅତି ସୁବିଧା ଜନକ । ଯୁରାନିୟମ୍ ପରି ଏହି ଧାତୁର  
ପୃଥକକରଣ କରାଯାଇଥାଏ ।

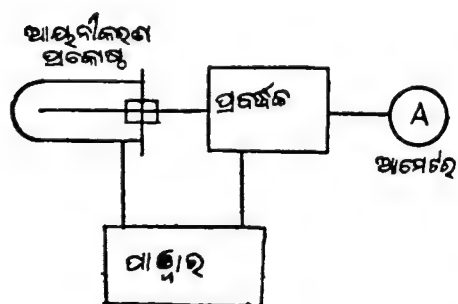
### ଥୋରିୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନ (Thorium Production)

ଦ୍ଵିତୀୟକ ଇନ୍ଦନ u-233 ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ଥୋରିୟମ୍ କଂଗ୍ସ ମାଲ ଅଟେ ।  
ପ୍ରକୃତିରେ ଥୋରିୟମ୍ ମୁଖ୍ୟତଃ ମୋନାଜାଇଟ୍ ରୂପରେ ମିଳିଥାଏ । ମୋନାଜାଇଟ୍  
ଥୋରିୟମ୍ ଓ ରେୟାର ଆର୍ଥ୍ ଏଲିମେଣ୍ଟର ଏକ ଜଟିଳ ଫସ୍‌ଫେଟ୍ ଅଟେ । ଏହି ଖଣିଜ  
ପଦାର୍ଥ ଗନ୍ଧକାମ୍ବୁରେ ଦ୍ରବିଭୂତ ହୁଏ । ଫସ୍‌ଫେଟ୍‌ର ଅମ୍ଳ ଓ ଅକ୍ସିଜନ ଅମ୍ଳ ଦ୍ଵାରା  
ଏହାର ଅଧିକାଂଶ ଅପଦ୍ରବ ବିଶେଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଥୋରିୟମ୍‌କୁ ଶିଆଳଟରରେ ଧାତୁ  
ରୂପରେ ଅଥବା ସ୍ଥାୟୀ ଯୌଗିକ ରୂପରେ କରଣିତ କରାଯାଇପାରେ । ଥୋରିୟମ୍  
ଟେଟ୍ରାଫ୍ଲୁଇଡ୍  $\text{Th F}_4$  କାଲସିୟମ୍ ଓ ମ୍ୟାଗନେସିୟମ୍ ସହ ବିକାଶିତ ହୋଇ ଧାତୁରେ  
ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।

### ସ୍ଵାସ୍ଥ୍ୟ ମାପୀ ଉପକରଣ (Health Monitoring Instruments)

ସ୍ଵାସ୍ଥ୍ୟମାପୀ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକୁ ମୁଖ୍ୟତଃ ଦୁଇ ଶ୍ରେଣୀରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ ।  
ସର୍ଭେ ମାପୀମାପୀ (Survey Dosimeters) ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଏହା

ସାହାଯ୍ୟରେ କୋଠାଘରର ଭିତର ଓ ବାହାରର ବିକିରଣ ଖବରତା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ବ୍ୟକ୍ତିଗତ ମାତ୍ରାମାପୀ (Personal Dosimeter) ଦ୍ଵିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଏହା ଏପରି ନିର୍ମିତ ଯେ ପ୍ରତି କର୍ମଚାରୀ ଉପରେ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ସଠିକ ଭାବେ ମାପ କରିପାରେ । ଏହି ଦୁଇ ମାତ୍ରାମାପୀ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ବର୍ଗିଷ୍ଠ ପ୍ରକାର ମାତ୍ରାମାପୀ ଅଛି ଯାହା ଦ୍ଵାରା କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କ ହାତ ଗୋଡ଼, ତଥା ପରିଧାନବସ୍ତୁ ଉପରେ ପୃଥକ୍-ପୃଥକ୍ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପ କରିପାରେ । ଜଳ ଓ ବାୟୁରେ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପ କରିବା ନିମିତ୍ତ ମାତ୍ରାମାପୀ ମଧ୍ୟ ଅଛି । ଅତି ସାଧାରଣଭାବେ ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ମୁଖ୍ୟତଃ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ମାତ୍ରାମାପୀ ଯନ୍ତ୍ର ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।



( ଚିତ୍ର ନଂ-19 )

ସର୍ତ୍ତେ ମାତ୍ରାମାପୀ କିପରି କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଛି ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଉପକରଣର ମୂଳ ଭାଗରେ ଏକ ଆୟୁର୍ବୀକିରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଆପତ୍ତିତ ଗାମା ବିକିରଣର ସମାନୁପାତ । ଆୟୁର୍ବୀକିରଣ ସ୍ରୋତକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରି ଆମେଟର୍ (Ammeter)କୁ ପଠାଯାଏ । ଏହି

ଆମେଟର୍ ଏପରି ଅଂଶାଙ୍କିତ ହୋଇଥାଏ ଯଦ୍ଵାରା ସିଧା ସଳଖ ଦଶ୍ଵାପ୍ରତି ମାତ୍ରାହାର ରଂଜନରେ ଜଣାପଡ଼େ । ଏହି ମାତ୍ରାମାପୀର ଅଂଶରୁ ଯେ କେହି ବ୍ୟକ୍ତି ଜାଣିପାରିବ ଯେ ସ୍ଵାସ୍ଥ୍ୟ ଉପରେ କ୍ଷତିକର ପ୍ରଭାବକରୀ ଗୋଟିଏ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ କେତେ ସମୟ କାର୍ଯ୍ୟକରି ହେବ । ମନେକରି ଗୋଟିଏ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ ମାତ୍ରାହାର ଦଶ୍ଵାପ୍ରତି 0.01Y. । କୌଣସି ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟ ଦିବସରେ ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି 0.05 Y ମାତ୍ରା ବିକିରଣ ସହ୍ୟ କରିପାରେ । ତେଣୁ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ  $\frac{0.05}{0.01} = 5$  ଦଶ୍ଵା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ କରିହେବ । ଯଦି ଦିନ ଭିତରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ସମୟ 5 ଦଶ୍ଵାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ତେବେ ଅତିରିକ୍ତ ସମୟ ଅନ୍ୟ ଏକ କକ୍ଷରେ ଅତି ବାହାରିତ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେଉଁଠାରେ ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବ ନଥିବ ।

ପ୍ରତ୍ୟେକ କର୍ମଚାରୀ ଉପରେ ପଡ଼ୁଥିବା ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ ସବୁଠାରୁ ସରଳ ବିଧି ହେଲା ବ୍ୟକ୍ତିଗତ ମାତ୍ରାମାପୀକୁ ଉପଯୋଗ କରିବା । ଫିଲମ୍-ବ୍ୟାଜ (Film-Badge) ମାତ୍ରାମାପୀର ସରଳତମ ରୂପ ଅଟେ । ଫିଲମ୍ ଟ୍ରେଜ ଖଣ୍ଡକୁ ଆଲୋକ ରହୁତ (Light-tight) କାଗଜରେ ଗୁଡ଼େଇ ଦିଆଯାଏ । ଏହି ବ୍ୟାଜକୁ ସାଟର ଉପରେ

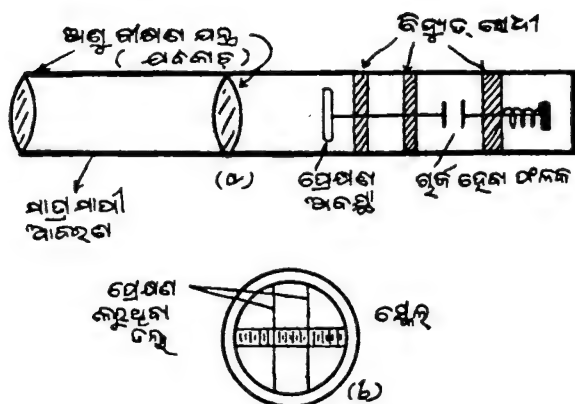
ପକେଟରେ ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ । ବ୍ୟାଜ ସମେତ କର୍ମିଷ୍ଟର ଉପରେ ବିକିରଣ ପଡ଼ିଥାଏ । ଗୁଡ଼ା ହୋଇଥିବା କାଗଜ ଭେଦକର ଗାମା ବିକିରଣ ଫିଲ୍ମ୍ ଉପରେ ପ୍ରଭାବ ପକାଏ । ଡେଭଲପ୍ (Develope) କରବା ପରେ ଫିଲ୍ମ୍ କଳା ହୁଏ । କେତେ ବିକିରଣରେ କେଉଁ ପ୍ରକାର କଳା ହୁଏ ତାହା ପୂର୍ବରୁ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇ ମାତ୍ରମାପୀକୁ ଅଂଶାଙ୍କିତ କରାଯାଇଥାଏ । ଫଳରେ ଏ ପ୍ରକାର ଫିଲ୍ମ୍ ମାତ୍ରମାପୀ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ଅଂଶାଙ୍କିତରୁ ମାତ୍ରାଦର ସହଜରେ ଜଣାପଡ଼ିଥାଏ । ଫିଲ୍ମ୍ ମାତ୍ରମାପୀର ଗଠନ ତଥା ଉପଯୋଗ ଅତି ସରଳ ଅଟେ କିନ୍ତୁ ଫିଲ୍ମ୍‌କୁ ଡେଭଲପ୍ କରବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ, ପ୍ରତି କାର୍ଯ୍ୟ ଦିବସର ଶେଷରେ ବା ଏକ ସପ୍ତାହ ପରେ ଡେଭଲପ୍ କରା ଯାଇଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଧାରାବାହିକ ଭାବେ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପିବା ସମ୍ଭବ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣ ବଶତଃ ବିକିରଣ ଖାଲି ହୋଇଯାଏ ତେବେ ଫିଲ୍ମ୍‌କୁ ଡେଭଲପ୍ ନକଲି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହା ଜଣା ପଡ଼େନାହିଁ, ଫିଲ୍ମ୍ ବ୍ୟାଜର ଏହା ହେଉଛି ଏକମାତ୍ର ଅସୁବିଧା ।

ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ସମୟରେ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପ କରବା ନିମ୍ନ ଅନ୍ୟ ଏକ ପ୍ରକାର ବହନୀୟ (Portable) ମାତ୍ରମାପୀର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ଏହାର ନିୟମ ହେଲା ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଦର୍ଶୀ (Electroscope)କୁ ଗୁରୁ ଦେଲେ ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ରୁ ଦୁଇ ପତଳା ଧାରୁ ପରଦା ସର୍ବ ପ୍ରଥମେ ଏକ ଅନ୍ୟକୁ ବିକର୍ଷିତ କରନ୍ତି ଏବଂ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଗୁରୁ କ୍ଷରଣ (Leak) ହେବା ପରେ ଉଭୟେ ପରସ୍ପର ନିକଟକୁ ଆସନ୍ତି । ଯଦି ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ଉତ୍ସମ ରୂପେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ରୋଧୀ ହୁଏ ତେବେ ଗୁରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରହିପାରେ । ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଦର୍ଶୀ ଉପରେ ଗାମା ବିକିରଣର ପ୍ରଭାବ ପଡ଼େ ତେବେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବାୟୁରେ ଆୟୋନୀକରଣ ହୁଏ ଏବଂ ବାୟୁ ସୁପରିବାହୀ ହୋଇ ଉଠେ । ପରୀକ୍ଷାମ ସ୍ୱରୂପ ଗୁରୁର ଶୀଘ୍ର କ୍ଷରଣ ହୁଏ । ବିକିରଣ ମାତ୍ରାର ମାପ ଗୁରୁ ହ୍ରାସ ଦ୍ୱାରା ହୋଇପାରେ ଏବଂ ଗୁରୁ ହ୍ରାସ ଦୁଇ ପଦ ମଧ୍ୟର ଦୂରତାର ସମାନୁପାତ ଅଟେ ।

ବ୍ୟାବହାରିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପତଳା ପଦ ସ୍ଥାନରେ ଦୁଇଟି ତନ୍ତୁକୁ ଟାଣିକରି ଲଗାଯାଏ । ଏହାର ଛିଦ୍ର ସରଳ ଅଣୁବାକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଜଣାପଡ଼େ, ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଦର୍ଶୀ ଝର କଳମ (Fountain Pen) ଅଥବା ପେନ୍‌ସିଲ୍ ରୂପ ନେଇଥାଏ ।

କାର୍ଯ୍ୟ ଆରମ୍ଭ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ମାତ୍ରମାପୀକୁ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟ୍ ବ୍ୟାଟେରୀ ଦ୍ୱାରା ଗୁରୁ କରାଯାଏ । ପରସ୍ପର ବିକର୍ଷଣ ହେତୁ ତନ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥେର ଉଭୟ ପଟେ ରହନ୍ତି । ମାତ୍ରମାପୀ





( ଚିତ୍ର ନଂ-20 )

ଉପରେ ବିକିରଣ ପଡ଼ିବା ସଂଗେ ସଂଗେ ତନ୍ମୁଗୁଡ଼ିକ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ପରସ୍ପର ନିକଟକୁ ଆସନ୍ତି । ଏହି ଫେଲ ରଂଜନ ଏକକରେ ଅଂଶୀକ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ତନ୍ମୁର ଛିଦ୍ରରୁ ଦିନସାରା ପ୍ରାୟ ବିକିରଣ ମାତ୍ର ସ୍ପଷ୍ଟ ରୂପେ ଜଣାପଡ଼େ । ପୂର୍ବ ଫେଲର ବସ୍ତାର 0.3Y ମାପିବା ନିମିତ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଦୈନିକ 0.05 Y ବିକିରଣ ପଡ଼େ ତେବେ ଏକ ସପ୍ତାହ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପୂର୍ବ ଫେଲ ଉପରେ ବିକିରଣ ପଡ଼ିପାରେ । ତେଣୁ ଏହି ମାତ୍ରାମାପୀକୁ ସପ୍ତାହରେ ଥରେମାତ୍ର ଚାଲି କରାଯାଏ ।

# ଚତୁର୍ଥ ଅଧ୍ୟାୟ

## ପାଣ୍ଡ୍ରାର ଶିଆକ୍ଟର (Power Reactor)

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପାଣ୍ଡ୍ରାର ଉତ୍ପାଦନ କରୁଥିବା ପଦ୍ଧତିର ସମୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଜେନେରେଟର ହିଁ ଜେବଳ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ପାଇଁ ଦାୟୀ । ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବିଭିନ୍ନ ବିଭିନ୍ନ ଟରବାଇନ୍ ଅବରତ ଭାବେ ଗୃହ୍ୟା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଟରବାଇନ୍ କିମ୍ବଦ ଘୂର୍ଣ୍ଣ ପାରିବ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ସମସ୍ୟା । ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ କେନ୍ଦ୍ରମାନଙ୍କରେ ଜଳ ବଳ (Waterforce) ଦ୍ଵାରା ଟରବାଇନ୍ ଗୁଡ଼ିକ । ତାପୀୟ ପାଣ୍ଡ୍ରାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ବାଷ୍ପଗୁପ୍ତ ଦ୍ଵାରା ଟରବାଇନ୍ ଗୁଡ଼ିକ । କୋଇଲା ବା ତେଲ ଜଳିବା ଦ୍ଵାରା ଯେଉଁ ତାପ ମିଳେ ତାହାକୁ ଉପଯୋଗ କରି ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାଣ୍ଡ୍ରାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ମଧ୍ୟ ଅନୁରୂପ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥାଏ କିନ୍ତୁ ଏଠାରେ ତାପ ଉତ୍ସ କୋଇଲା ବା ତେଲ ନୁହେଁ, ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଶିଆକ୍ଟର ଅଟେ ।

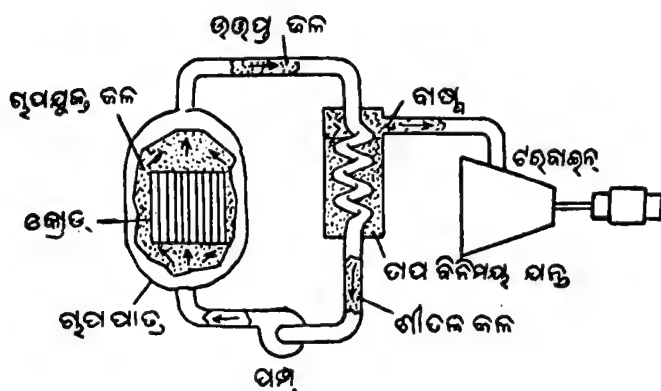
ପୃଥ୍ଵୀର କେତେଗୁଡ଼ିଏ ପାଣ୍ଡ୍ରାର ଶିଆକ୍ଟର ବିଷୟରେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

## ଚାପଯୁକ୍ତ ଜଳ ଶିଆକ୍ଟର (Pressurised Water Reactor)

ନିୟମ (Principle):—

ଚାପଯୁକ୍ତ ଜଳ ଶିଆକ୍ଟରରେ ଜଳକୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଚାପରେ ରଖାଯାଏ, ଫଳ ସ୍ଵରୂପ ଜଳ ନ ଫୁଟି ଶିଆକ୍ଟର ଫୋଡ଼ାରୁ ବାହାରି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ପୁନର୍ବାର ଫୋଡ଼ାକୁ ଫେରିଆସେ । ଜଳ ଫୋଡ଼ା ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କଲାବେଳେ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରୁଥାଏ । ମମକ ରୂପେ ଯଦି ଜଳ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ, ତେବେ ଏହା ନଫୁଟି ସ୍ଥିର ଭରମ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ତେଣୁ ସଂଚଳିତ ଜଳ (Circulated Water)

ଉପରେ ଖୁବ୍ ଗୁପ୍ତ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥାଏ । ଏଥିରେ ଶୀତଳକ ଅପେକ୍ଷା ବାଷ୍ପର ଉତ୍ପାଦନ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣରୁ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଖରାବ ହୋଇଯାଏ ତେବେ ବାଷ୍ପପରିସଥ (Steam Circuit)ରେ ତେଜସ୍ବିୟତା ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ନଚେତ୍ ବାଷ୍ପପରିସଥ ସଂଦ୍ଧା ତେଜସ୍ବିୟତା ଶୂନ୍ୟ ଅଟେ ।

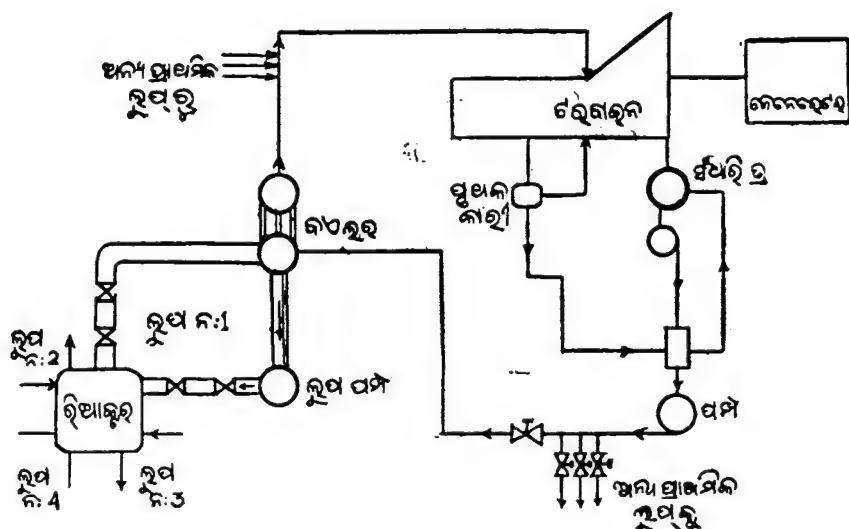


( ଚିତ୍ର ନଂ-21 )

## ସିପିଙ୍ଗ ପୋର୍ଟ ଆଣବିକ ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର (The Shippingport Atomic Power Station)

ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର ଓହ୍ରିଓ ନଦୀ କୂଳରେ ସିପିଙ୍ଗପୋର୍ଟଠାରେ ସର୍ବପ୍ରଥମ ବ୍ୟାପାରିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଷ୍ଟାର୍ଟର ଗ୍ରାସିତ ହୋଇଛି । ଏଥିରୁ ପ୍ରଥମେ 60 Mw ଓ ପରେ 100 Mw ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଛି ।

ଏହି P.W.R ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ, ବିଶମଜାତୀୟ, ହାଲୁକା କଳ ମନ୍ଦିର, ହାଲୁକା କଳ ଶୀତଳକ, ଷ୍ଟାର୍ଟର ଅଟେ । ଗୁପ୍ତ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏହାକୁ ରଖା-ଯାଇଥାଏ । ସାଧାରଣତଃ ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ଗୋଟିଏ ଷ୍ଟାର୍ଟର (ତାପଉତ୍ସ), ଗୁରୁଗୋଟି ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକ ଲୁପ୍ (ତାପ ଗ୍ରହଣ କରି ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ) ଥାଏ । ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକ ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ 3 ଗୋଟି ଲୁପ୍ ଏକ ସମୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି କିନ୍ତୁ ଚତୁର୍ଥଟି ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ନଥାଏ । ପ୍ରତି ଶୀତଳକ ଲୁପ୍ରେ ଗୋଟିଏ ବଏଲର୍, ଗୋଟିଏ ପମ୍ପ ଓ କେତେଗୁଡ଼ିଏ କପାଟିକା ଥାଏ । ଏଭଦ୍ବ୍ୟାପ୍ତ ଗୋଟିଏ ଗୁପ୍ତଦେବୀ ଯନ୍ତ୍ର (Pressuriser) ଦ୍ବାରା ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଗୁପ୍ତ ଦିଆଯାଇଥାଏ ।



( ଚିତ୍ର ନଂ 22 )

ଏହି ଗୁପ୍ତାୟତ କାର୍ବନ୍-ଷ୍ଟିଲ୍ ଏବଂ ଷ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ନିର୍ମିତ ଏବଂ ଏହାର ଉଚ୍ଚତା 31 ଫୁଟ ଓ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବ୍ୟାସ 9 ଫୁଟ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛତକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ଗୁପ୍ତାୟତ ଘୋଡ଼ାଣୀରେ 46ଟି ଛିଦ୍ର ଥାଏ । ଏହି ଗୁପ୍ତାୟତ ଅତିବେଶି 2500 lbs/P.S.I ଗୁପ୍ତ ସହ୍ୟ କରିପାରେ । କିନ୍ତୁ 2000 lb/P.S.I ଗୁପ୍ତରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

ହୋଡ଼ର ଆକୃତି ସିଲିଣ୍ଡର, ସମୂହ ଏବଂ ଏହାର ଉଚ୍ଚତା 6ଫୁଟ ଓ ବ୍ୟାସ 6ଫୁଟ ଅଟେ । ଏହି ହୋଡ଼ ସିଡ୍ ଓ ବ୍ଲାଙ୍କେଟ୍ ଶ୍ରେଣୀୟ (Seed and Blanket Type) ।

ସିଡ୍ ଇନ୍ଦନ ଏଲମେଣ୍ଟ 6 ବର୍ଗ ଇଞ୍ଚର ଏବଂ 4ଟି ଉପ-ସମଷ୍ଟିରେ (sub-assembly)ରେ ବିଭକ୍ତ । ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଇ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛତ ଗଠନକରିବାକୁ ଶକ୍ତି ରହୁ ଅଛି । ବ୍ଲାଙ୍କେଟ୍ ସମଷ୍ଟି 100 ଛତ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୁଚ୍ଛ ଅଟେ ଏବଂ ଏଥିରେ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍  $UO_2$  ରୂପରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।  $UO_2$ ର ଉତ୍ତପ୍ତ 2200°F ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଶକ୍ତି ପାଇପାରେ ।



ଫସ୍ତୁକ୍ତ (Saturated) ଉତ୍ତପ 636°F । ଯଦି ଶିଆଳ୍ଟର ଜଳ ଶୀତଳକର ଉତ୍ତପ 636°F ରୁ କମ୍ ହୁଏ ତେବେ ଜଳ ଫୁଟେ ନାହିଁ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକକୁ 2000 lbs/p.s.i ରୂପରେ ଶିଆଳ୍ଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରିବାକୁ ପଡେ । ଏହି ଶୀତଳକ 583°F ଉତ୍ତପରେ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କରି ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକକୁ କିଛି ତାପ ବିନିମୟ କରାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକ 600 lbs/p.s.i ରୂପରେ ଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଫସ୍ତୁକ୍ତ ଉତ୍ତପ 486°F । ତେଣୁ ଏ ଉତ୍ତପରେ ଏହା ଫୁଟିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରି ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରାଏ । ଏହି ବାଷ୍ପ ଟର୍ବାଇନ୍ ତଳାଏ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ଜେନେରେଟର ଚାଲେ ।

ଏହି ରୂପସ୍ଥଳ ଜଳ ପଦ୍ଧତିର ବ୍ୟବହାର ଅନ୍ୟ ଶିଆଳ୍ଟରରେ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାନ ପାଇଛି । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ପୃଥିବୀର ସର୍ବପ୍ରଥମ ନିଉକ୍ଲିୟାର ରୁଡ଼ା ଜାହାଜ “ନଟିଲସ୍” (Nautilus) ଅନ୍ୟତମ । 1955 ମସିହା ଜାନୁୟାରୀ 17ରେ ସମୁଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ଯାତ୍ରାର ଶୁଭାରମ୍ଭ ହୋଇଥିଲା । ସେହିଦିନଠାରୁ ଏହା ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ରେକର୍ଡ୍ ସୃଷ୍ଟି କରିଛି । ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ନିମଜ୍ଜିତ ରହି ଥରେ ମାତ୍ର ଜଳ ଉପରକୁ ନଉଁଠି, ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟର ମହାପାତ୍ରରକୁ ଅବରତଭାବେ ଅନ୍ତର୍ଦ୍ଧମ କରି, ଏହା ବିଶ୍ୱ ରେକର୍ଡ୍ ସୃଷ୍ଟି କରିଛି । ଥରେ ମାତ୍ର ଇନ୍ଦନ ନେଇ ଏହା 60,000 ନଟିକାଲ୍ ମାଇଲ ଗତି କରିପାରିଛି ।

ଆମିସିଆକେଲ୍ ପାୱାର୍ ଶିଆଳ୍ଟର (APPR)ରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ରୂପସ୍ଥଳ ଜଳ ପଦ୍ଧତି ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଛି । APPR ର ଡିଜାଇନ୍ ଏପରି ହୋଇଛି ଯେ ଏହାର ସମସ୍ତ ଅଂଶ 7×7×18ଫୁଟ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବାକ୍ସରେ ରହିପାରିବ ଏବଂ ଏହାର ସମୁଦାୟ ଓଜନ 10 ଟନ୍ ରୁ ଅଧିକ ହେବ ନାହିଁ । ଏହାକୁ ଅନାୟାସରେ ସାମରିକ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଉଡ଼ା-ଜାହାଜରେ ନିଆଯାଇପାରିବ ଏବଂ 6ମାସ ବା କମ୍ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଘୂନଟାର ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇପାରିବ । ଏଥିରୁ 2.00kw ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

## ତରଳଧାତୁ ଶୀତଳିତ ଶିଆଳ୍ଟର (Liquid Metal Cooled Reactor)

### ସୋଡ଼ିୟମ୍-ଶୀତଳିତ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ଶିଆଳ୍ଟର (Sodium Cooled Graphite Moderated Reactor)

ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଉଚ୍ଚ ଫୁଟିବାନ୍ତରାଜ ଓ ଉତ୍ତମ ତାପ ବିନିମୟ ଧର୍ମ ହେତୁ ଏହାକୁ ଉତ୍ତମ ଶୀତଳକ ରୂପେ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ବିଶିଷ୍ଟ ଶିଆଳ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ କରାଯାଏ ।

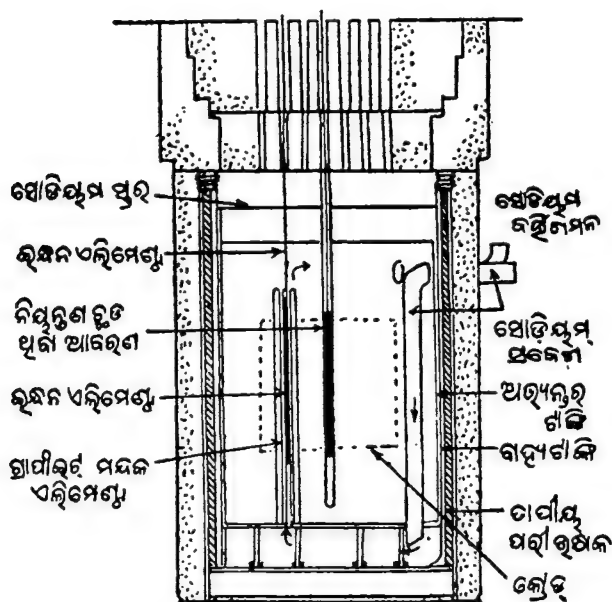
ଏହାର ସ୍ମିଟ୍‌ନାଙ୍କ  $882^{\circ}\text{C}$  ( $1620^{\circ}\text{F}$ ) । ସୁତରାଂ ତାପ ବିନିମୟ ନିମିତ୍ତ ଏଥିରେ ଅଧିକ ଗୁପ୍ତ ଦେବାକୁ ପଡ଼େ ନାହିଁ । ଇନ୍ଦନର ସାମାନ୍ୟ ସମ୍ବଳି ସହ ଏହା ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ଶୀତଳକ ଭାବେ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ବିଶୁଦ୍ଧ ସୋଡ଼ିୟମ୍‌ରେ ସଂକ୍ଷାରଣ (Corrosion) ହୁଏନାହିଁ ଏବଂ ଏହା ଯୁଗ୍ମନୟନ, ଥୋରିୟମ୍, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍, କରକୋନୟମ୍ ବାଷ୍ପ ଇତ୍ୟାଦି ଦ୍ଵାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୋଇନଥାଏ ।

## ସୋଡ଼ିୟମ୍ ରିଆକ୍ଟର ପ୍ରୟୋଗ (The Sodium Reactor Experiment) ।

ଏହା ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର କାଲିଫର୍ଣ୍ଣିଆ ଅନ୍ତର୍ଗତ ସାନ୍ତା ସୁସାନାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏଥିରେ ଶତକଡ଼ା 93ରୁଗ ସମୃଦ୍ଧ ଯୁଗ୍ମନୟନ ଏବଂ ଥୋରିୟମ୍ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦକରୂପେ, ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ପ୍ରତିଫଳନ ମଧ୍ୟ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ନିମିତ୍ତ । ଏହା 20MW ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ କିନ୍ତୁ 5.7MW ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ରିଆକ୍ଟର “Pool & Tank” ସଦୃଶ ।

ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ 10 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତା ଓ 10 ଫୁଟ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଲମ୍ବବତ୍ ଦଣ୍ଡାୟମାନ୍ ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟରେ  $6\text{ଫୁଟ} \times 6\text{ଫୁଟ}$  ବିଶିଷ୍ଟ ସଫିୟ ହୋଡ ଅଛି ଏବଂ ଏହି ହୋଡ ଚତୁର୍ପାଶ୍ଵରେ 2ଫୁଟର ଏକ ପ୍ରତିଫଳକ ଅଛି । 19ଫୁଟ ଶ୍ଵେର 11ଫୁଟ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଟ୍ୟାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ହୋଡ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏହା ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଦ୍ଵାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ । ପ୍ରତି ମନ୍ଦକ ମୁନିଟ୍‌ରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥକାଟି ଷକ୍ଟକୋଣୀୟ (Hexagonal) ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ଉଚ୍ଚତା ହୋଡର ଉଚ୍ଚତା ସହ ସମାନ । ପ୍ରତି ମନ୍ଦକ ମୁନିଟ୍‌ରେ 3ଟି ଷକ୍ଟକୋଣୀୟ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ବ୍ଲକ୍ ଗୋଟିକି ଉପରେ ଗୋଟିଏ ରଖା ଯାଇଥାଏ । କରକୋନୟମ୍ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରତିକା ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସବୁଗୁଡ଼ିକ ରହିଥାନ୍ତି ।

ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଥୋରିୟମ୍ ଚତୁର୍ପାଶ୍ଵରେ ଗୋଟିଏ କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିରକ୍ଷକ ଅଛି । ନିକେଲ ଓ ବୋରନ୍ ନିମିତ୍ତ 8ଟି ନୟନ୍‌ଡ୍ରାଭ୍ ଏହି ରିଆକ୍ଟର ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍ ଭାବେ ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ଵିତୀୟକ ଶୀତଳକ ଅବସ୍ଥିତ । ସୋଡ଼ିୟମ୍, ରିଆକ୍ଟର ହୋଡ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କଲେବେଳେ ତେଜସ୍ଵିୟ ହେବାରୁ ଏହାକୁ ସିଧା ସଳଖ ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ନୁହେଁ । ସୁତରାଂ ଦ୍ଵିତୀୟକ ଶୀତଳକ ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକ ଏକ କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିରକ୍ଷକ ଦ୍ଵାରା ଦ୍ଵିତୀୟକ ଶୀତଳକଠାରୁ



( ଚିତ୍ର ନଂ-24 )

ପୃଥକ୍ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରାଥମିକ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳନ ଗ୍ରାମିକର୍ ବ୍ଲକ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ଭିତ୍ତି ଏଲିମେଣ୍ଟ ମଧ୍ୟଦେଇ ଉତ୍ତମକୁ ଗତିକରି କୋଡ଼ ଉପରେ ଟାଙ୍ଗିରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ । ଏହି ସୋଡ଼ିୟମକୁ ଅପକେନ୍ଦ୍ରୀ ପମ୍ପ (Centrifugal Pump) ଦ୍ଵାରା ପ୍ରାଥମିକ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ପଠାଯାଏ । ତରଳସୋଡ଼ିୟମ ମଧ୍ୟ ଦ୍ଵିତୀୟ ଶୀତଳନ ଅଟେ ଏବଂ ଏହା ପ୍ରାଥମିକରୁ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରି ଦ୍ଵିତୀୟ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଗତିକରେ । ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ଜଳ ପମ୍ପ କରାଯାଇ ବାମ୍ଫରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହି ବାମ୍ଫକୁ ଟରବାଇନ୍‌କୁ ପଠାଯାଏ ।

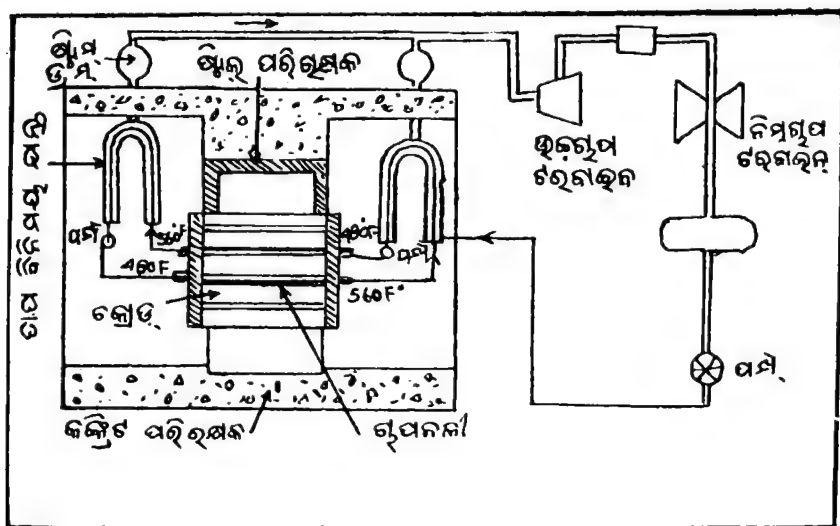
ଦ୍ଵିତୀୟ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦକ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ ।

ତରଳ ଧାତୁ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର ହେବା ଦ୍ଵାରା ବହୁ ଉପକାର ସାଧିତ ହୁଏ । ଏହା ଦ୍ଵାରା ଅତି ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତପ ପ୍ରାପ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ଏତଦ୍ ବ୍ୟତୀତ ଏହାର ବ୍ୟବହାର ଦ୍ଵାରା କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଅସୁବିଧା ହୁଏ । ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଯଦି ଜଳ ବା ବାୟୁ ସମ୍ପର୍କରେ ଆସେ ତେବେ ଏଥିରେ ଜିନ୍ଦା ଆରମ୍ଭ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏଥିପ୍ରତି ସାବଧାନ ହେବା





କାନାଡାର ଟେଣ୍ଟାଟୋରେ ତରଳ ସସ୍ତା ପାର୍ଥକ୍ୟ କେନ୍ଦ୍ର ଅବସ୍ଥିତ । ଏଥିରେ କେବଳ ଏକମାତ୍ର ରିଆକ୍ଟର ଅଛି ଏବଂ ଏହା ଗୁପନଳୀ ପ୍ରେଶ୍ୟୁର (Presures Tube Type) । ଏଥିରେ ପ୍ରାକୃତିକ ସ୍ୱାଭାବିକ ଅକ୍ସିଜେନ୍ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ, ଶୁଦ୍ଧ ଜଳ ମନ୍ଦନ, ପ୍ରତିଫଳନ ଓ ଶୀତଳନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । CANDU ରିଆକ୍ଟରରେ ଶୀତଳକ ଉପରେ ଗୁପ ଦିଆଯାଏ । ଶୀତଳକ ନଳୀକୁ ଗୁପ ନଳୀ କହନ୍ତି ଏବଂ ଏହା ଅତ୍ୟଧିକ ଗୁପ ସହ୍ୟ କରିଥାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ରିଆକ୍ଟର ଉପରେ ଗୁପଦେବା ଅନାବଶ୍ୟକ । 690 Mw ତାପନ ଶକ୍ତି ଓ 200 Mw ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।



( ଚିତ୍ର ନଂ-26 )

ହୋଡ଼ ଭୁ-ସମାନ୍ତରାଳ ଏକ ସିଲିଣ୍ଡର ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଜଳ କାଲସିୟ-2 ଦ୍ୱାରା ନିର୍ମିତ 30ଟି ଗୁପନଳୀ ଅଛି । ପ୍ରତି ଗୁପ ନଳୀରେ 12 ଟି ଗୁପ ଏବଂ ପ୍ରତି ଗୁପ 19ଟି ଛଡ଼ ଅଛି । ଶୁଦ୍ଧ ଜଳ, ରିଆକ୍ଟରରେ ଉତ୍ତପ୍ତ ମନ୍ଦନ ଓ ପ୍ରତିଫଳନ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଗୁପନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଶୁଦ୍ଧ ଜଳକୁ ଅତି ଗୁପସହ ପଠାଯାଇ ଇନ୍ଧନଗୁଡ଼ିକୁ ଶୀତଳ କରାଯାଇଥାଏ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କ୍ଷମ ଯାହାରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଛଡ଼ ନିର୍ମିତ ଏବଂ ଗ୍ୟାସ୍ ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଛଡ଼ ଦ୍ୱାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ହୋଇଥାଏ । 8.25 ସେ.ମି ମେଟା ଷ୍ଟିଲ୍ ଏବଂ 229

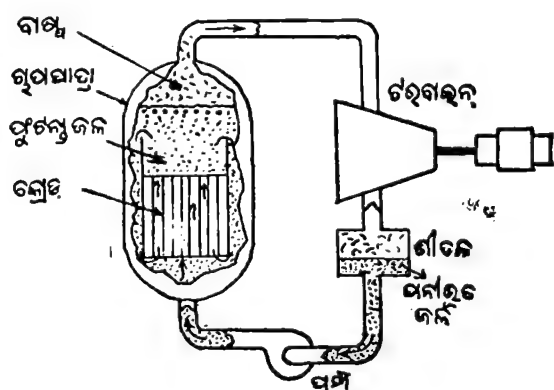
ସେ.ମି ଭରି କଂକ୍ରିଟର ପରିଚ୍ଛନ୍ନ ମଧ୍ୟରେ ସିଲିଣ୍ଡର ସଦୃଶ କଂକ୍ରିଟ କୋଠା ଏବଂ ଅର୍ଦ୍ଧ ଗୋଲକାର ଗମ୍ଭୂଜ (Hemispherical Dome) ମଧ୍ୟରେ ଏହି ରିଆକ୍ଟର ସଜ୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଶୀତଳକ ଭାସ୍କରଣ, ଗୁପନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଗଢ଼ିତ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ସଂଚଳିତ ଜଳକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିଥାଏ । ବାଷ୍ପ ପ୍ରଥମେ ଉତ୍ତରୁପ ଟରବାଇନ୍ ଆଡ଼କୁ ଏବଂ ପରେ ବାଷ୍ପ ପୃଥକକର (Steam Separator) ମଧ୍ୟଦେଇ ଓ ପରଶେଷରେ ନିମ୍ନରୂପ ଗରମ ଲାଭନ୍ ଆଡ଼କୁ ଗଢ଼ି କରାଯାଏ । ଅନାବଶ୍ୟକ ବାଷ୍ପ ଶୀତକ (Condenser)ରେ ଘନଭୂଜ (Condensed) ହୋଇ ପୁନର୍ବାର ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ସଂଚଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଏଥିରେ ଏହିପରି ୫ଟି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଅଛି ।

ଏହି ରିଆକ୍ଟରରେ ଇନ୍ଦନ ସମୃଦ୍ଧ ହେବା ଅନାବଶ୍ୟକ । ରିଆକ୍ଟର ପାତ୍ର ନିମ୍ନରୂପ ସହ୍ୟ କରା ଉଚ୍ଚ ନିର୍ମିତ ହୋଇପାରେ ଯଦ୍ୱାରା ବ୍ୟୟ କମ୍ । ଏହି ପୁରାଧାରୁଡ଼ିକ ସହ ଏହାର ଏକମାତ୍ର ଅସୁବିଧା ଏହି ଯେ ଏହାର ଆକାର ଖୁବ୍ ବଡ଼ ଅଟେ ।

## ଫୁଟିଙ୍ଗ୍ ଜଳ ରିଆକ୍ଟର (Boiling Water Reactor)

ନିୟମ :—

ରିଆକ୍ଟର ପାତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଇନ୍ଦନ ଏଲିମେଣ୍ଟ ଜଳକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରାଯାଉଥିବା ଜଳ ଫୁଟିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ରିଆକ୍ଟର ଉପର ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ଉପରେ ବାଷ୍ପ ସଂଚଳିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏକ ପାଇପ୍ ମଧ୍ୟଦେଇ ଟରବାଇନ୍‌କୁ ଗଢ଼ିକରେ । ଟରବାଇନ୍‌ରେ ସଂପ୍ରସାରିତ



ହେବାପରେ ବାଷ୍ପ ଘନଭୂତ ହୋଇ ଜଳରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ଉତ୍ତପରେ ପୁନଃବାର ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ ପାତ୍ରକୁ ଫେରିଆସେ । ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ ମଧ୍ୟରୁ ଚର-ବାଇକକୁ ସିଧା ସଳଖ ବାଷ୍ପ ପଠାଇବାକୁ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ଚକ୍ର (Direct Cycle) କହନ୍ତି ।

## ସୁବିଧା—

( 1 ) ଚରବାଇକ୍ ଅପେକ୍ଷା ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବାଷ୍ପର ଗୁପ୍ତ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ଚରବାଇକ୍‌କୁ  $600 \text{ lbs/p.s.i}$  ଗୁପ୍ତରେ ବାଷ୍ପ ପଠାଇବା ପାଇଁ ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ ଗୁପ୍ତ ପାତ୍ରକୁ କେବଳ  $600 \text{ slb/p.s.i}$  ଗୁପ୍ତ ସହ୍ୟ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ସିପିଜ୍ ଫୋଟ ଗୁପ୍ତଯୁକ୍ତ ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ ସହଜ ଗୁପ୍ତମାତ୍ରାକୁ ଆଉ  $2000 \text{ lbs/p.s.i}$  ଗୁପ୍ତ ସହ୍ୟ କରିବାକୁ ପଡ଼େ ନାହିଁ । ଫଳ ସ୍ୱରୂପ ଅତି ପତଳା ସ୍ଟିଲ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବ୍ୟୟ ମଧ୍ୟ କମ୍ । ଏହାଦ୍ୱାରା ସ୍ୱଳ୍ପ ବ୍ୟୟରେ ନିରାପତ୍ତ ରକ୍ଷା କରାଯାଇପାରେ ।

( 2 ) ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ ଓ ଚରବାଇକ୍ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ତାପ ବିନ୍ଦୁମୟ ଯନ୍ତ୍ର ରଖା ଯାଇ ନଥିବାରୁ ନିର୍ମାଣ ବ୍ୟୟ ମଧ୍ୟ କମ୍ ଅଟେ ।

( 3 ) ତରଳ ଶୀତଳକକୁ ପରିସ୍ରାବ୍ୟ ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ପଠାଇବା ପାଇଁ ବଡ଼ ପମ୍ପ ଆବଶ୍ୟକ । କାରଣ ବାଷ୍ପ ପ୍ରାକୃତିକ ପରିଚଳନ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ସଂଚଳିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଘନଭୂତ ଜଳ ଖୁବ୍ କମ୍ ପରିମାଣର ହୋଇଥିବାରୁ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ପମ୍ପ ଏହାକୁ ଶିକ୍ଷାକ୍ରମକୁ ପଠାଇବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

## ଅସୁବିଧା—

(1) ଭାରିନରୁ ବୁଦ୍ଧ ବୁଦ୍ଧ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହେବାରେ ଅନିଚ୍ଛିତ୍ତା ଦେଖାଦିଏ । ବାଷ୍ପର ଏକ ବୁଦ୍ଧବୁଦ୍ଧ ସମଆୟତନ ଜଳ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ ।

( 2 ) ବୁଦ୍ଧବୁଦ୍ଧ କ୍ଷିପ୍ର ତଥା ଅନିୟମିତ ଗତି ହେତୁ ଶିକ୍ଷାକ୍ରମର ମନ୍ଦକ ଓ ଶୀତଳକ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ମନ୍ଦକର ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ସେଠାକାର ମନ୍ଦକ ଘନତ୍ୱ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ଏବଂ ମନ୍ଦକର ନିଉଟନ୍ ଅବଶୋଷଣ ଧର୍ମ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ ।



ଉତ୍ତମ ମନ୍ତ୍ର ଓ ଶୀତଳକର କାର୍ଯ୍ୟ କରଥାଏ । ତାପ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବାପରେ ରିଆକ୍ଟର ଯୋଗ ମଧ୍ୟରେ ଜଳ ଫୁଟିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ଜଳ ଓ ବାଷ୍ପର ମିଶ୍ରଣ ବାଷ୍ପ ପୃଥକକର ପାଆଯାଏ । ରିଆକ୍ଟର ଓ ଚରବାଇନ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ବାଷ୍ପ ପୃଥକକର ଥିବାରୁ ରୁଦ୍ଧରୁଦ୍ଧ ଗୁଡ଼ିନ ବାଷ୍ପରୁ ପୃଥକ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବାଷ୍ପ ଉଚ୍ଚ ରୂପରେ ଚରବାଇନର ଉଚ୍ଚରୂପ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଯାଇଥାଏ ଏବଂ ପୃଥକୀକୃତ ଜଳ ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଲଘୁରୂପ ବିଶିଷ୍ଟ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଚରବାଇନର ଲଘୁରୂପ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଯାଇଥାଏ । ଚରବାଇନ ଦ୍ଵାରା ପରିଚାଳିତ ବାଷ୍ପ ଘନଭୂତ ହୋଇ ଜଳରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଜଳ ଆବଶ୍ୟକତା ଅନୁଯାୟୀ ରିଆକ୍ଟରକୁ ବା ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟରକୁ ପାଆଯାଏ ।

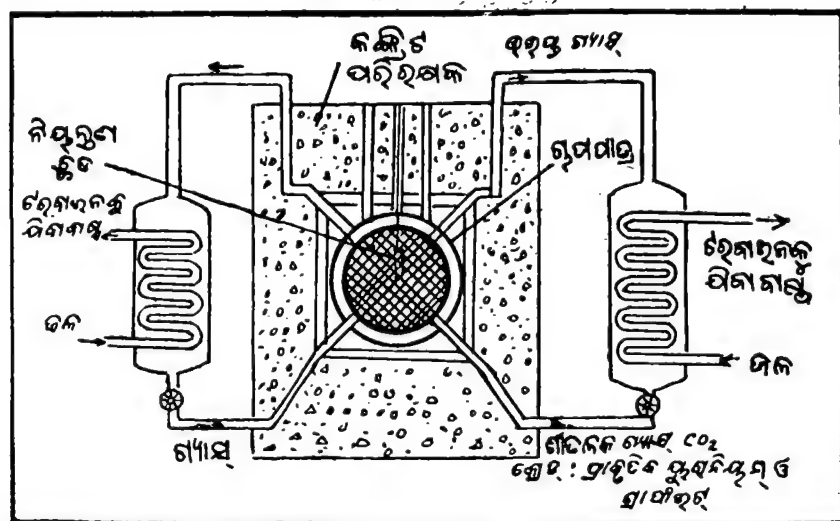
ରୂପପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଜଳ ଫୁଟିବା ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବାରୁ ଆଉ ଅଧିକ ରୂପଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏନାହିଁ । ଏହାଦ୍ଵାରା ରୂପପାତ୍ର, ପମ୍ପ ଓ ପାଇର ନିର୍ମାଣ ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣ ଯୋଗେ ରିଆକ୍ଟର ଉତ୍ପାଦନ ତାପରେ ବୃଦ୍ଧିହୁଏ, ତେବେ ସଂଗେ ସଂଗେ ଜଳରେ ବାଷ୍ପର ମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଜଳ ମନ୍ତ୍ରର ରୂପ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବାରୁ ନିଉଟନର ମନ୍ତ୍ର କଣ ତାପକୁ କମାଇ ଦେଇଥାଏ । ଫଳରେ ଏହି ସାମଗ୍ରିକ ତାପ ବୃଦ୍ଧିରେ କୌଣସି କ୍ଷତି ହୋଇ ନଥାଏ । ଏହା ଏକ ସ୍ଵୟଂ-ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ବିଷୟ ।

ଭାରତୀୟ ଦୁଇ ରିଆକ୍ଟର ସୁନିର୍ମିତ 1,322,000 Kw ତାପନ ଶକ୍ତି ଏବଂ 380,000 Kw ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାଏ ।

## ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର (Gas-Cooled Reactor)

ରିଆକ୍ଟରରେ ଜଳ ବ୍ୟତୀତ ଗ୍ୟାସ୍ ମଧ୍ୟ ଶୀତଳନ ରୂପ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ଵରୂପ ଇଂଲଣ୍ଡର ସମରସେଟ୍‌ଠାରେ ଢିଙ୍କଲେ ପଏଣ୍ଟ୍ ପ୍ରାଣ୍ଟ୍‌ର କେନ୍ଦ୍ର ଅବସ୍ଥିତ । ଏଠାକାର ଦୁଇଟିଯାନ ରିଆକ୍ଟର ପ୍ରତ୍ୟେକ ୨୫୫ Mw ତାପନଶକ୍ତି ଏବଂ 248 Mw ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରିଥାନ୍ତି । ଏଥିରେ ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ତ୍ର ରୂପେ ଏବଂ କାରବନ୍ ଡାଇ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଏହି ରିଆକ୍ଟର 67 ଫୁଟ୍ ନିମ୍ନ କାରବନ୍ ଷ୍ଟିଲ ନିର୍ମିତ ରୂପପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏଥିରେ 369 ଟନ୍ ଯୁରାନିୟମ୍ ଓ ପ୍ରାୟ 2,000 ଟନ୍ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ଥାଏ । ଯୋଗ 24-ପାର୍ଶ୍ଵ ବିଶିଷ୍ଟ ଯନ୍ତ୍ର (Prism) ଅଟେ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ା ଦ୍ଵାରା ରିଆକ୍ଟର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇ ଥାଏ । 3 ମିଟର ମୋଟା କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିବେଷକ ରିଆକ୍ଟର ଚତୁର୍ଥପାର୍ଶ୍ଵକୁ ଦେଇ ରହିଥାଏ । ଏହା ଉତ୍ତମ ତାପୀୟ ଓ ଜୈବିକ ପରିବେଷକ କାର୍ଯ୍ୟ କରଥାଏ ।  $CO_2$



( ଚିତ୍ର ନଂ-29 )

ଶୀତଳକକୁ ଅତି ଉଚ୍ଚ ଗୁଣରେ ପଠାଯାଏ । ଇନ୍ଦନ ଛତକୁ ଘେରିଥିବା ମଲୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଶୀତଳକ ଗତି କରି ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କୋଡରୁ ଉତ୍ତପ୍ତ  $\text{Co}_2$  ଗ୍ୟାସ୍ ବହୁଗତ ହୋଇ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ପ୍ରବେଶ କରେ ଏବଂ ଏଠାରେ ସଂଚଳିତ ଜଳକୁ ତାପସ୍ଥାନାନ୍ତର କରି ବାଷ୍ପରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ । ଏହିପରି ଟିଟି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଅଛି । ଉଚ୍ଚତାପ ବାଷ୍ପ ଟରବାଇନ୍‌ର ଉଚ୍ଚଗୁପ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଏବଂ ଲଘୁଗୁପ୍ତ ବାଷ୍ପ ଟରବାଇନ୍‌ର ଲଘୁଗୁପ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଯାଇ ଟରବାଇନ୍‌କୁ ଚଳାଇଥାନ୍ତି ।

$\text{Co}_2$  ବ୍ୟବହାର କେତେକ ସୁବିଧା ଅଛି । ଛୁଲିୟମ୍ ଓ  $\text{Co}_2$  ଭଳି ଆଉ କେତେକ ଗ୍ୟାସ୍ ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମିତ ପଦାର୍ଥ ସହ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା କରି ନ ଥାନ୍ତି । ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କଲାବେଳେ ମଧ୍ୟ ଏମାନେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ନ ଥାନ୍ତି । ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣର ଜଳ ମିଳୁ ନ ଥିବା ସ୍ଥାନମାନଙ୍କରେ ଏ ପ୍ରକାର ଗ୍ୟାସ୍-ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟରକୁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ ।

## ଜୈବ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର

(Organic Moderated and Cooled Reactor)

ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର ପିକ୍‌କା (Piqua) ନଗର ନିକଟରେ ପିକ୍‌କା ନିଉ-କ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଫାସିଲିଟି (PNPF) ଅବସ୍ଥିତ । ଇନ୍ଦନ ସମୃଦ୍ଧ ଯୁରାନିୟମ୍ ଓ ଜୈବ, ଶୀତଳକ ଓ ମନ୍ଦନ ଅଟେ । ଏଥିରୁ 45.5 Mw ତାପଜଶକ୍ତି ଏବଂ 11.4 Mw ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।





ଶୀତଳତାକୁ ସୁନାମ ଦିଆଯାଇଛି । 13ଟି ବୋରନ ନିର୍ମିତ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛକ୍ର ଦ୍ଵାରା ଶିଆଳିରୁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରାଯାଇଥାଏ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିକିରଣରୁ ରକ୍ଷା ପାଇବା ନିମିତ୍ତ 3 ମିଟର ମୋଟା କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିଚ୍ଛନ୍ନ ଶିଆଳିର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ଵରେ ଘେନି ରହିଥାଏ ।

## ସୁରକ୍ଷା—

ତରଳ ଜୈବ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ତାନ ଥିବାରୁ ଏହା ଉତ୍ତମ ମନ୍ଦୁକ ତଥା ଶୀତଳକ ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଥାଏ । ଫୋଡ଼ର ଆୟତନ ହ୍ରାସ ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଶିଆଳିଟର ମଧ୍ୟ ସ୍ଥଳ ବ୍ୟୟରେ ନିର୍ମିତ ହୋଇପାରିବ ।

ଏହି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ନିମ୍ନ କାରବନ ଶ୍ଚିଳକୁ ସଂକ୍ଷାରିତ କରେ ନାହିଁ । ଡେଣ୍ଟ୍ରୋନ୍-ଲେସ୍ ଷ୍ଟେଲ୍ ଆଉ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ । ଫଳରେ ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଅମ୍ଳଜାନ ନ ଥିବାରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରିବା ପରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ପଦାର୍ଥରୁ ଉଚ୍ଚ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହୋଇ ନଥାନ୍ତି । ଏହି ନିମିତ୍ତ ଶୀତଳକ ପାଇପ୍ ବା ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ଵରେ କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିଚ୍ଛନ୍ନ ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ ।

## ଅସୁରକ୍ଷା—

ଏହି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଉତ୍ତମ ତାପସ୍ଥାନାନ୍ତର ମାଧ୍ୟମ ନୁହେଁ । ବଡ଼ ବଡ଼ ପମ୍ପ ଓ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ଟରଫିନାଇଲ୍ ସାଧାରଣ ଉତ୍ତପରେ କଠିନ ଅଟେ । ଶିଆଳିରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଏହାକୁ ତରଳାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ ।

ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତପରେ ଜୈବ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ଅଧିକ । ସୁତରାଂ ଦୁର୍ଘଟନା ନ ଘଟିବା ନିମିତ୍ତ ଯନ୍ତ୍ରଣାଳି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

## ଫାସ୍ଟ ରିଆକ୍ଟର (Fast Reactor)

କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଖସି ଶିଆଳିର ଓ ଖସି ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟରର ଗୁଡ଼ିକ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଛି ।

ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ବିଭଜନ ଅଭିନିୟା ଅପେକ୍ଷା ଗତ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଦ୍ୱାରା ପ୍ଲୁଟୋ-ନିୟମର ବିଭଜନରୁ ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଗୁଣାଙ୍କ ଅଧିକ ଏବଂ ଏହାକୁ ଗୁଣାଙ୍କର ଇନ୍ଦ୍ର ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦ୍ରର ଉପଯୋଗ ସଂପାଦନା ଅଧିକ ହୋଇପାରିବ । ଏଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ରଖି ଗୁଣାଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କର ଗୁଣିତ ନିମିତ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ପ୍ରଜନନ ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟକ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁର ଉପଯୋଗ ହୋଇଥାଏ, ତା ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ସମକାଳୀୟ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ (ଯଥା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ଅଧିକ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ପ୍ରାପ୍ତି ହୁଏ) । ଯଦି ପ୍ରାପ୍ତ ଇନ୍ଦ୍ର, ବ୍ୟବହୃତ ଇନ୍ଦ୍ର ଅପେକ୍ଷା ଭିନ୍ନ ହୁଏ ( $u-235$  ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ) । ତେବେ ଏହାକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପଦ୍ଧତି (Conversion Process) କହନ୍ତି । ପ୍ରଜନନ ବା ପରିବର୍ତ୍ତନ ଶ୍ରେଣୀ ଗୁଣାଙ୍କର ଦକ୍ଷତା ଏହାର ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ (Breeding Ratio) ଓ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ (Conversion Ratio) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ମିଳିତ ଭାବେ ଏହି ଅନୁପାତ ଦୁୟାକୁ ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ ।

## ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିବା ବିଭଜନୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଣିତର ସଂଖ୍ୟା

ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିବା ବିଭଜନୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଣିତର ସଂଖ୍ୟା ଯଦି ପ୍ରାପ୍ତ ଏବଂ ବ୍ୟବହୃତ ଇନ୍ଦ୍ର ପରସ୍ପରଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହୁଏ ତେବେ ଏହି ଅନୁପାତକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ (C.R.) ଏବଂ ଯଦି ଉଭୟେ ସମକାଳୀୟ ତେବେ ଏହାକୁ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ (B.R.) କହନ୍ତି । ପ୍ରତି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ ଦ୍ୱାରା ଇନ୍ଦ୍ରରୁ  $\eta$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏ ଗୁଣିତ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ ଗୋଟିଏ ଇନ୍ଦ୍ରରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ନୂତନ ବିଭଜନ କରିଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ତେଜ ଅଭିନିୟା ଗୁଣୁ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ ତେଜ ଅଭିନିୟାରୁ ଆବଶ୍ୟକୀ  $\eta-1$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇପାରିବେ । ଯଦି ଏହି ପ୍ରମାଣ  $\eta-1$  ନିଉଟ୍ରନ୍ କୁ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ ତେବେ ସଂପାଦିତ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ,

$$(B.R.)_{Max} = \frac{\eta-1}{1} \cdot ଅଟେ ।$$

ତାପୀୟ ଶ୍ରେଣୀର ନିମିତ୍ତ-ସଂପାଦିତ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତର ତାଲିକା ପରପୃଷ୍ଠାରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

## ସାରଣୀ-6

ଫuel (Fuel)       $\eta_t$  (ପ୍ରତିବିଭଜନର  
ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା)       $(BR)_{Max}$  (ସର୍ବୋଚ୍ଚ  
ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ)

u-233	2.33	1.31
u-235	2.08	1.08
Pu-239	2.03	1.03

ବ୍ୟବହାରିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ସମସ୍ତ  $\eta - 1$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ନଥାନ୍ତି । ଏ ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ଶୀତଳକ, ମନ୍ଦକ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଆଉ କେତେକ ସୀମିତ ଶିଆଳ୍ପରୁ ବହୁଗତ ହୋଇ ଶେଷ ପଳାଇଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ପ୍ରଜନନ ବା ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ 1ରୁ ଅଧିକ ହେବା ନିମିତ୍ତ ଅବଶୋଷଣ ଓ ଲିକେଜ୍ ଦ୍ୱାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷୟ ହୁଏ ଯାହାକି ଅବଶ୍ୟକ ।

ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ Pu-239 ନିମିତ୍ତ 1.70 ହୋଇପାରେ । ଅର୍ଥାତ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ସହ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ ।

ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀର ଗନ୍ତା ଶିଆଳ୍ପର ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ପୂର୍ବରୁ Pu-239 ଓ u-238 ଗନ୍ତା ଶିଆଳ୍ପରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂତୁଳନ (Neutron Balance) କପରି ହୁଏ ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରଥମେ Pu-239 ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଇନ୍ଦନର ଆଲୋଚନା ହେଉ । ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଦନର ପ୍ରତି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭଜନରୁ  $\gamma$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି, ଏବଂ u-238 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରୁ  $F\gamma'$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏଠାରେ F, ବିଭଜିତ u-238 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା, ଏବଂ  $\gamma'$ , ପ୍ରତି n-238 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭଜନରୁ ମୁକ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା । ତେଣୁ ସର୍ବମୋଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା

$$\gamma + F\gamma'$$

ପ୍ରତି ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଦନର ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ଏବଂ  $\alpha$  - ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଦନରେ ବିଭଜନ ନକରି ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

A ଫାଷ୍ଟ ନିଉଟନ୍ ଶୀତଳକ ଇନ୍ଦ୍ରିୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । L ଫାଷ୍ଟ ନିଉଟନ୍ ଲିଜେନ୍ସ୍ ରୁ ଶିଖାନ୍ତରୁ ପଳାଉଥାନ୍ତି ଏବଂ F ଫାଷ୍ଟ ନିଉଟନ୍ u-238ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ବିଭଜନ କରୁଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ପ୍ରଜନନ ଅଭିଯୋଗରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରୁ ନଥିବା ନିଉଟନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା

$$1 + \alpha + A + L + F$$

ଉପଯୋଗ ହୋଇଥିବା ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଦ୍ରିୟମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ବିଭଜନ କରୁଥାଏ ଏବଂ ଫାଷ୍ଟ ନିଉଟନ୍ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ମଧ୍ୟ ବିଭଜନ କରୁ ନ ଥାନ୍ତି ସୁତରାଂ ପ୍ରଜନନ ଅଧିକ

$$\begin{aligned} B.R &= \frac{\gamma + F\gamma' - (1 + \alpha + A + L + F)}{1 + \alpha} \\ &= \frac{-1\gamma - \alpha - A - L + F(\gamma' - 1)}{1 + \alpha} \end{aligned}$$

ଶିଖାନ୍ତର ଫୋଡ଼ରେ ମନ୍ଦ୍ରକ ସଦୃଶ ଆଉ କେତେକ ବସ୍ତୁ ନିଉଟନ୍କୁ ଅବଶୋଷଣ କରୁଥାନ୍ତି । ତାପୀୟ ଶିଖାନ୍ତରେ ମନ୍ଦ୍ରକ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଖାଲି ଶିଖାନ୍ତରେ ଏହି ମନ୍ଦ୍ରକ ଅନାବଶ୍ୟକ । ସୁତରାଂ ଖାଲି ଶିଖାନ୍ତର ବିଶେଷତ୍ତ୍ୱଗୁଡ଼ିକ ହେଲା ଏହାର କ୍ଷୁଦ୍ର ଆକୃତି, ଅତି ସମ୍ବଳ ଇନ୍ଦ୍ରିୟ; ଅତି ଉଚ୍ଚ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତି ଏବଂ ନିଉଟନ୍ ପ୍ରାପ୍ତି ।

ଫୋଡ଼ରେ ମନ୍ଦ୍ରକ ନଥିଲେ ଏହାର ଆକୃତି କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଅତି ସମ୍ବଳ ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଫୋଡ଼ରେ ଅତି କମ୍ରେ ଶତକଡ଼ା 20 ରୁ 25 ଭାଗ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ Pu-239 ବା u-235 ରହୁଥିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ଉତ୍ତର ବସ୍ତୁରୁ ପରିପୁର୍ଣ୍ଣ । ଏହାଦ୍ୱାରା ବିଭଜନ ବସ୍ତୁର ପ୍ରଜନନ ଫୋଡ଼ରେ ଓ ତାର ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ଥିବା ଆବରଣ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବହୁଗୁଣିତ ନିଉଟନ୍ ନୁହେଁ ବିଭଜନ କରୁଥିବା ନିଉଟନ୍ ମିଳୁଥାନ୍ତି । ଏହି ନିଉଟନ୍ ଫାଷ୍ଟକୁ ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ । u-238 ସାଧାରଣ ନିଉଟନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭକ୍ତ ହୁଏନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ଖାଲି ନିଉଟନ୍ ଦ୍ୱାରା ସାମାନ୍ୟ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ସେଥିନିମ୍ନେ ପ୍ରଥମରେ u-238ର କିଛି ଅଂଶ ଫୋଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ ଏବଂ ଏହାର ବିଭଜନରୁ ନିଉଟନ୍ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ । ଦ୍ୱିତୀୟରେ u-238କୁ ଫୋଡ଼ ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ପ୍ରତିଫଳକ ଆବରଣ (Reflecting Blanket) ଭାବେ ରଖାଯାଏ, ଯଦ୍ୱାରା ଖାଲି ପଳାଉଥିବା ନିଉଟନ୍ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ଫୋଡ଼ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ । ଏହି ଆବରଣ ଦ୍ୱାରା ଫୋଡ଼ର କ୍ଷମା

ଆକାର ଦ୍ଵାରା ପାଇଥାଏ । ଯେଉଁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଏପରି ପ୍ରତିଫଳିତ ନ ହୁଅନ୍ତି ସେଗୁଡ଼ିକ  $u-238$  ଆବରଣ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ନୂତନ ବିଭଜନସ୍ଥ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ସୃଷ୍ଟି କରଥାନ୍ତି । ନୂତନ ଇନ୍ଦନ ସୃଷ୍ଟି ନିମନ୍ତେ ଆବରଣ ଯଥେଷ୍ଟ ମାତ୍ରାଯାଏ କରଥାଏ ।

ଫାବ୍ ରିଆକ୍ଟରର ଆଉ ଏକ ବିଶେଷତ୍ଵ ହେଲା ଇନ୍ଦନରୁ ଅତି ଉଚ୍ଚ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତି । ଫୋଡ଼ି ଷ୍ଟୁଡ଼ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଏଥିରୁ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଫାବ୍ ରିଆକ୍ଟରର ବ୍ୟୟ ବିଷୟରେ ଆଲେଚନା କଲେ ଜଣାଯାଏ ଯେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଇନ୍ଦନ ବ୍ୟୟପାପେକ୍ଷ । ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସ ନିମନ୍ତେ ଇନ୍ଦନର ପରିମାଣକୁ କମାଇବାକୁ ପଡ଼ିବ । ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟର ନିମନ୍ତେ ସର୍ବପ୍ରଥମ ଆବଶ୍ୟକତା ହେଲା ଯେ ଏହା ଯେତେକ ଇନ୍ଦନ ବ୍ୟବହାର କରିବ, ତଦପେକ୍ଷା ଅଧିକ ଇନ୍ଦନ ସୃଷ୍ଟି କରିବ । ଏହା କରିବା ନିମିତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଅନୁପାତ  $C$ , 1 ରୁ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଉଦାହରଣ ସ୍ଵରୂପ ଯଦି  $C=1.5$  ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡ ଇନ୍ଦନ ଉପଯୋଗ ଦ୍ଵାରା 1.5 ପାଉଣ୍ଡ ନୂତନ ଇନ୍ଦନ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏଥିରୁ 1 ପାଉଣ୍ଡ, ଉପଯୋଗ ହୋଇଥିବା ଇନ୍ଦନର ସ୍ଥାନ ପୂରଣ କରେ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ 0.5 ପାଉଣ୍ଡ ଲଭ ହୁଏ ।

ପ୍ରଜନନର ଦକ୍ଷତା ଲଭ ଗୁଣାଙ୍କ (Gain Factor),  $G$  ଦ୍ଵାରା ସୂଚିତ ହୋଇଥାଏ ।  $G=C-1$ , ଅର୍ଥାତ୍ 1 ପାଉଣ୍ଡ ଇନ୍ଦନ ଉପଯୋଗ ଦ୍ଵାରା ନୂତନ ଇନ୍ଦନ ପ୍ରାପ୍ତିର ପରିମାଣ । ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟରର ଦ୍ଵିତୀୟ ଆବଶ୍ୟକତା ହେଲା ଯେ ନୂତନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ଇନ୍ଦନ ଖର୍ଚ୍ଚ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ସଂଚିତ (Accumulated) ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ସଂଚିତ ହାରକୁ ଦ୍ଵିଗୁଣିତ ସମୟ (Doubling Time) ଦ୍ଵାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଏହା ଏପରି ସମୟ ଅଟେ ଯେଉଁ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଲଗ୍ ହୋଇଥିବା ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଦ୍ଵିଗୁଣିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଦ୍ଵିଗୁଣିତ ସମୟ ଲଭ ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପହାର (Heat Rating) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କାରଣ ଯେତେ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ବିଭକ୍ତ ହୁଅନ୍ତି, ସେତେ ଶୀଘ୍ର ତାପ ମୁକ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ସେତେ ଶୀଘ୍ର ନୂତନ ଇନ୍ଦନର ପ୍ରଜନନ ହୋଇଥାଏ । ବାସ୍ତବରେ ଦ୍ଵିଗୁଣିତ ସମୟ ଇନ୍ଦନର ଉତ୍ପାଦ ଲଭ ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପ ହାରର ପ୍ରତି ଲେମ୍ବ ବର୍ଗାନୁପାତ ଅଟେ ।

ତେଣୁ ଛଦ୍ମ ଫୋଡ଼ି ବିଶିଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟର ଏପରି ଏକ ଯନ୍ତ୍ର ଅଟେ ଯହିଁରୁ ତାପ ଅତି ଉଚ୍ଚ ହାରରେ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବ୍ୟୟ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ବିଚାର କଲେ ଇନ୍ଦନରୁ ମୁକ୍ତ ତାପ ହାର ପ୍ରତିକିଲୋ ଗ୍ରାମ ପିଛା 1,000 Kw (H) ରୁ କମ୍ ହେବା ଉଚିତ ନୁହେଁ । ଏହି ତାପ ଫୋଡ଼ିର ପ୍ରତି ଘନ ଫୁଟରୁ 30,000 Kw (H) [1,000 Kw (H) ଲିଟର ପ୍ରତି] ମୁକ୍ତ ହେଉଥିବା ତାପ ସହ ସମାନ ।

ଠାଣ୍ଡ ଶିକ୍ଷାରେ ଅତି ଉଚ୍ଚ ହାରରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ କରିବା ଏକ ସମସ୍ୟା ହୋଇ ଉଠେ । ସୁତରାଂ ଠାଣ୍ଡ ଶିକ୍ଷାରେ ଉଚ୍ଚତମ ଉତ୍ପାଦନ ମଧ୍ୟ କଷ୍ଟକର ବ୍ୟାପାର । କେଉଁ ପ୍ରକାର ଶୀତଳକ ଏଥି ନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚନା ବିଷୟ ।

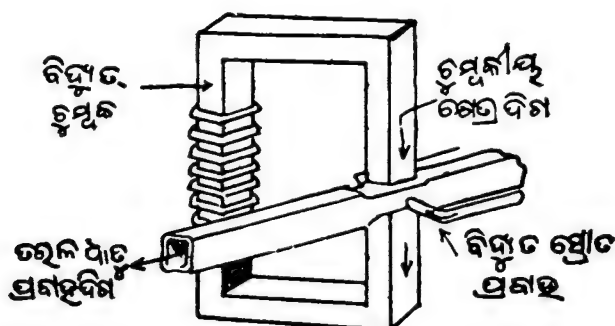
## ତରଳ-ଧାତୁ ଶୀତଳକ (Liquid-Metal Coolant)—

ଶୀତଳକ ଏକ ଉତ୍ତମ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ମାଧ୍ୟମ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ନିକୃଷ୍ଟ ମନ୍ଦନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥି ସକାଶେ ଜଳ ଅନୁପଯୁକ୍ତ କିନ୍ତୁ ତରଳ ଧାତୁ ସର୍ବୋତ୍କୃଷ୍ଟ ଅଟେ । ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ତାପ ପରିବହନ କରିଥାନ୍ତି କିନ୍ତୁ ଏମାନଙ୍କର ତାପ ଧାରଣା (Heat Capacity) କମ୍ । ଏକ ଗ୍ୟାଲନ୍ ତରଳ ଧାତୁ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉତ୍ତପ୍ତରେ ଯେତେ ତାପ ବରିବହନ କରିପାରିବ, ତାହା ଏକ ଗ୍ୟାଲନ୍ ଜଳ ପରିବହନ କରିପାରୁଥିବା ତାପର ଏକତୃତୀୟାଂଶ ବା ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଅଟେ । ସୁତରାଂ ଅଧିକ ତରଳ ଧାତୁ ଶୀତଳକ ପରିପଥ ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦ୍ଵାରା ପଠାଇବାକୁ ପଡ଼ିବ ଏବଂ ଏହାକୁ ତଳାଇବା ନିମିତ୍ତ ଅଧିକ ବ୍ୟୁତ୍ପତ୍ତି ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ତରଳ ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରି ଶୀତଳିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ଅଧିକ ହେତୁ ଏମାନଙ୍କୁ କୌଣସି ଉଚ୍ଚ ଗୁପ୍ତରେ ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ସାଧାରଣ ଉତ୍ତପ୍ତରେ ଶୀତଳକ ତରଳ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଧାତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ବା ପଟାସିୟମର ମିଶ୍ରଧାତୁ ପ୍ରଧାନ । ସୋଡ଼ିୟମ ତରଳ ହେବା ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କର ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହାକୁ ଗରମ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ନିମିତ୍ତ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଧାତୁ ଅତି ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଏବଂ ଏହା ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ ନୁହେଁ । ଅମ୍ଳଜାନ ମୁକ୍ତ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶିକ୍ଷାରେ ସଂରଚନା ବସ୍ତୁ ସହ କୌଣସି କ୍ରିୟା କରେ ନାହିଁ । ସୋଡ଼ିୟମ୍ ରୁ ଅମ୍ଳଜାନ ମୁକ୍ତ କରିବା ସହଜସାଧ୍ୟ ନୁହେଁ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ସୋଡ଼ିୟମ୍-24 ଆଇସୋଟୋପରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ସୁତରାଂ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ସଂକଳିତ ହେଉଥିବା ଶୀତଳକର ସମସ୍ତ ଅଂଶ-ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ, ନଳୀ, ତାପ ବିନୟନ ଯନ୍ତ୍ର କପାଟିକା ପ୍ରଭୃତି ଖୁବ୍ ମୋଟା କଂକ୍ରିଟ୍ ପରି-ରକ୍ଷିତ ଦ୍ଵାରା ସେରାମିକ୍‌କୁ ପଡ଼ିଥାଏ ।

ତରଳଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ଉପଯୁକ୍ତ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଅଥବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ମୋଟୋର ନିୟମାନୁସାରେ ପରିଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ତରଳଧାତୁ ସୁପରକୋଣ୍ଡକ୍ଟ କାର୍ଯ୍ୟ

କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଚଳନଶୀଳ ହୋଇଥିବାରୁ ବଳଦ୍ୱାରା ଚାଲିତ ହୁଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କୁଣ୍ଡଳୀ (Coil) ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଚାଲି କରାଯାଏ । ପରାମାଗ୍ନ ସ୍ୱରୂପ ଉପଲବ୍ଧ ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରିଥାଏ । ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରର ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଟ୍ଟ ମଧ୍ୟ ସମ୍ଭବ । ଏହାର ଏକମାତ୍ର ସୁବିଧା ଏହି ଯେ ଏଥିରେ କୌଣସି ଚଳନଶୀଳ ଅଙ୍ଗ ନ ଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-31)

ଡାକ୍ତର ରିଆକ୍ଟରର ଅଳ୍ପ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ହୋଇ ମଧ୍ୟ ଅତ୍ୟଧିକ ପରାମାଗ୍ନ ତାପ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ହୋଇ ଛାଡି ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଉତ୍ତପ୍ତ ହେବାକୁ ବଞ୍ଚି ସମ୍ଭାବନା । ହୋଇ ଗଠନ ବେଳେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ବିଷୟ ପ୍ରତି ସଜାଗ ହେବାକୁ ପଡ଼େ ଏବଂ ରିଆକ୍ଟରକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇଥାଏ ।

## ଡାକ୍ତର ରିଆକ୍ଟରର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ (Control of The Fast Reactor)

ଡାକ୍ତର ରିଆକ୍ଟରର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଭଳି ଡାକ୍ତର ରିଆକ୍ଟରର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ହୋଇଥିବା ଆକୃତି କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ କେତେକ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଅସୁବିଧା ଦେଖା ଦେଇଥାଏ ।

ସ୍ୱଳ୍ପ ବର୍ଣ୍ଣିତ ହୋଇଛି ଯେ ତାତ୍କାଳିକ ଓ ବିଳମ୍ବିତ ଉତ୍ତର ପ୍ରକାର ନିଉଟ୍ରନ୍ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ରିଆକ୍ଟର ନିୟନ୍ତ୍ରଣରେ ସାହାଯ୍ୟ କରନ୍ତି । କୌଣସି ରିଆକ୍ଟରର ଗଠନ ସମୟରେ ଉଚ୍ଚ, ଖାଲିକତା (Prompt Criticality) ନ ହେବା ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଡାକ୍ତର ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକ

ବିଳମ୍ବିତ କ୍ରାନ୍ତିକ (Delayed Critical) ହେବା ଅବଶ୍ୟକ । ଏହା ହେବାଦ୍ୱାରା ଏହାର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଯଥେଷ୍ଟ ସହଜ ହୋଇ ପଡ଼େ । କିନ୍ତୁ ଡାକ୍ତରୀ ଶୋଡ଼ରେ ଅତି ସମ୍ଭବ କଞ୍ଚନ ଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣରୁ ଏହି କଞ୍ଚନ ଏକତ୍ର ହୁଏ ଏବଂ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅତି କ୍ରାନ୍ତିକ (Super Critical) ହୋଇପଡ଼େ ତେବେ ହଠାତ୍ ଏହାର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କ୍ଷମତା (Reactivity) ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଏବଂ ବିସ୍ଫୋରଣ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ମଧ୍ୟ ଅଧିକ ହୋଇପଡ଼େ । କଞ୍ଚନ ବିଭିନ୍ନ ଉପାୟରେ ଏକତ୍ର ହୋଇଥାଏ । କୋଡ୍ ଅତି ଉତ୍ତମ ହେଲେ ସୁରକ୍ଷିତ ଭାବେ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ଶିକ୍ଷାରେ ପୂର୍ବପୁରୀ ବନ୍ଦ ହେବା ପରେ ଯଦି ଉତ୍ତମ ରୂପେ ଶୀତଳିତ ନ ହୁଏ ତେବେ ଏହି ଉତ୍ତମରେ କୋଡ୍ ଭରସାଯୋଗ ପାରେ ।

ସୁତରାଂ ଡାକ୍ତରୀ ଶିକ୍ଷାରେ କୋଡ୍ ଗଠନ ବେଳେ ତିନୋଟି ବିଷୟ ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଇଥାଏ । ପ୍ରଥମରେ ହଠାତ୍ କୌଣସି ପ୍ରକାରରେ ଏହାର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କ୍ଷମତା ଯେପରି ବୃଦ୍ଧି ନ ହୁଏ । ଦ୍ୱିତୀୟରେ ଲୁଲୁରହୁବା ଓ ବନ୍ଦ ହେବା ସମୟରେ କୋଡ୍‌କୁ ସୁଶୀତଳ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ତୃତୀୟରେ କୋଡ୍‌କୁ ଏପରି ସଜାଇବାକୁ ପଡ଼ିବ ଯେପରି ଏହା ତରଳିଲେ ମଧ୍ୟ ତରଳ ବସ୍ତୁ ଏକତ୍ର ହୋଇ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକାର ଧାରଣ ନକରିବ ।

**କଞ୍ଚନ ସଂସ୍ଥାପନ (Fuel processing) :**—ଡାକ୍ତରୀ ଶିକ୍ଷାରେ କଞ୍ଚନ ଅତି ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଉପଯୋଗ ହେବାଦ୍ୱାରା ତାପ ହାର ମଧ୍ୟ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ଶତକଡ଼ା 3ରୁ ବରଜନମୟ ବସ୍ତୁ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ଏକ ମାସରେ ପ୍ରତି କିଲୋଗ୍ରାମରୁ 1,000 KW(H) ତାପ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ମିଶ୍ରିତ କଞ୍ଚନରେ ଯଦି ଶତକଡ଼ା 10 ରୁ ବରଜନମୟ ବସ୍ତୁ ଓ ଶତକଡ଼ା 40ରୁ ସମ୍ଭବ ବସ୍ତୁ ଥାଏ ତେବେ ଏକ ମାସରେ କଞ୍ଚନର କେବଳ ମାତ୍ର ଶତକଡ଼ା 0.3 ରୁ ଉପଯୋଗ ହୋଇ ପାରେ । ତାପୀୟ ଶିକ୍ଷାରେ ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରକ୍ଷିତ କଞ୍ଚନ ରୂପେ ଉପଯୋଗ କରି ବର୍ଷ ବର୍ଷ ଧରି ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟକ ବରଜନ ହୋଇଥାଏ, ସେହି ସଂଖ୍ୟକ ବରଜନ ଡାକ୍ତରୀ ଶିକ୍ଷାରେ କେବଳ ଏକମାସ ମଧ୍ୟରେ ହୋଇଥାଏ ।

ମିଶ୍ରିତ ଧାତୁ ବା ଧାତବ କଞ୍ଚନର କେବଳ ଶତକଡ଼ା 0.3ରୁ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ବହୁ କରଣକୃତ କ୍ଷତି (Radiation Damage) ହୋଇଥାଏ । ଏଥିପାଇଁ ଏହାକୁ କୋଡ୍‌ରୁ ବାହାର କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ବାହାର କରା ଯାଇଥିବା କଞ୍ଚନ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ପରିମାଣର ବରଜନମୟ ବସ୍ତୁ ଉପଯୋଗ ନ ହୋଇ ରହିଥାଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କୁ ପୁନର୍ବାର ସଂସ୍ଥାପନ ଦ୍ୱାରା ପୃଥକ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ (Ceramics)ର କଞ୍ଚନ ବ୍ୟବହାର କଲେ ବହୁ ପରିମାଣର ବରଜନ—ପ୍ରସ୍ତୁତ ଅଣୁମାନେ ଏଥିରେ ସ୍ଥାନ ପାଇଥାନ୍ତି ।

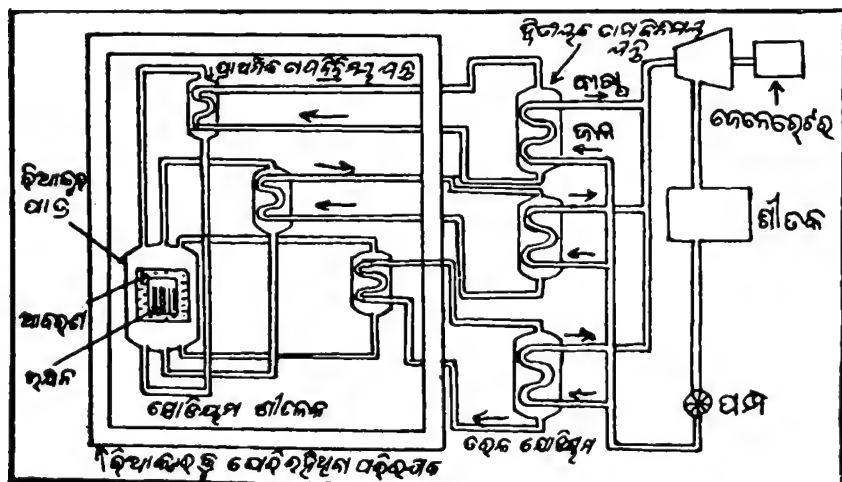


ତେଣୁ ସଂସ୍ଥାପନ ପୂର୍ବରୁ ଏହାକୁ ଅତ୍ୟଧିକ ଉତ୍ତପ ସହ୍ୟ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ବର୍ତ୍ତମାନ ମିଳୁଥିବା ମୃତ୍ତିକା ଶିଳା ଅତି ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତପରେ ବ୍ୟବହାର ନିମିତ୍ତ ଅନୁପଯୁକ୍ତ । କାରଣ ଏଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଉତ୍ତମତ୍ତ୍ୱରେ ତାପ ପରିବହନ କରି ନଥାନ୍ତି । ସେମାନେ ଧାତୁ ଭଳି ଏତେ ଘନ ନୁହଁନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଜନନ ଲାଭ ଗୁଣାଙ୍କରେ ହ୍ରାସ ହୋଇଥାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯେତେ ଡାକ୍ତ୍ରପାୱାର୍, ଗିଆକ୍ଟର ନିର୍ମିତ ହେଉଛି ସେଥିରେ ମିଶ୍ରିତ ଧାତୁ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଛି । କିନ୍ତୁ ଏମାନେ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ମାତ୍ରା ସହ୍ୟ କରି ପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ତେଣୁ ଏକ ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ ଅଧିକାଂଶଙ୍କର ସଂସ୍ଥାପନ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ କୌଣସି ଡାକ୍ତ୍ର ଗିଆକ୍ଟର ନିର୍ମାଣ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଇନ୍ଦନ ସଂସ୍ଥାପନ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥା କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ମୃତ୍ତିକା ଶିଳା ଇନ୍ଦନ ଡାକ୍ତ୍ର ଗିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ପାରିବ ଏବଂ ବହୁଳାଳ ଧନି ଏହା ଏଥିରେ ରହୁଥିବ । କିନ୍ତୁ ଏହା ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ ହୋଇ ପାରେ ।

## ଏନୋରିକୋ ଫର୍ମି ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ (The Enrico Fermi Nuclear Plant)



ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର ଇରି ହୁଏଟ୍ କଲରେ ଡିଡ୍ରୀଏଟ୍, ମିଟଗାନଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହା ଏକ ଷଡ଼ ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟର । ଏହାର ଇନ୍ଦନ ସମୃଦ୍ଧ ଯୁରାନିୟମ୍ ଅଟେ । ଅବଶ୍ୟୁତି ଯୁରାନିୟମ୍ (Depleted uranium) (ଯୁରାନିୟମ୍ରେ ନଗଣ୍ୟ ପରିମାଣର  $u-235$  ଥାଏ) ପ୍ରଜନନ ଆବରଣ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ରିଆକ୍ଟରରୁ  $300,000 \text{ K W}$  ତାପୀୟ ଓ  $94,000 \text{ K W}$  ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

77.5 ସେ.ମି ବ୍ୟାସ ଓ 7.୨.25 ସେ.ମି ଉଚ୍ଚତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସିଲିଣ୍ଡର ରିଆକ୍ଟର କୋଡ୍ ଅଟେ । ଏଥିରେ ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅଛି । ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳକର କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ପ୍ରାଥମିକ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳକରେ ତିନୋଟି ଲୁପ୍ ଥାଏ । କୋଡ୍ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଆବରଣ ମଧ୍ୟଦେଇ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଗତି କରିଥାଏ ଏବଂ କୋଡ୍ ଉପର ପୁଲ୍ (Pool)ରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ । ଏହି ପୁଲକୁ ତିନୋଟି ବହର୍ଗମନ ନଳୀ ଦ୍ୱାରା ତିନୋଟି ପ୍ରାଥମିକ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ସହ ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଥାଏ । ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ପରିରକ୍ଷନ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଥାଏ କାରଣ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଟେ । ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକ ମଧ୍ୟ ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଅଟେ ଏବଂ ଏହା ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ । ଜଳ ସଂଗୃହିତ ହୋଇ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ବାଷ୍ପ ଦ୍ୱାରା ଟର୍ବୋଜେନେରେଟର ଚଳାଇବା ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ ।

## ପାଣ୍ଡ୍ରା ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଓ ତାର ଉପଯୋଗ

ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓ ଇଞ୍ଜିନିୟରମାନେ, ପରିବହନରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପାଣ୍ଡ୍ରା ପ୍ଲାଣ୍ଟର ବହୁଳ ବ୍ୟବହାର କିପରି ହୋଇପାରିବ, ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେଇଆସିଛନ୍ତି । ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି ଯେ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ଇନ୍ଦନର ପ୍ରତି ଏକକ ଓଜନରୁ ଯାହା ଶକ୍ତି ମିଳେ ତାହା ସାଧାରଣ ଇନ୍ଦନ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରାୟ ଏକ ନିୟୁତ ଗୁଣ ଅଧିକ । ଦ୍ୱିତୀୟ ବାର ଇନ୍ଦନ ନିଜେ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଗୁଣିତ ଯାନଗୁଡ଼ିକ ବହୁ ସମୟ ଧରି କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରନ୍ତି । ସମୁଦ୍ରଯାତ୍ରୀ, ସୁଦୂରଞ୍ଚଳକୁ ରେଳଦ୍ୱାରା ଗମନାଗମନ, ମେରୁ ଅଞ୍ଚଳରେ ପରିଭ୍ରମଣ ଓ ଅନ୍ୟପ୍ରକାରର ଗଢାଗଡ ନିମିତ୍ତ ଆଣବିକ ଶକ୍ତିଗୁଣିତ ଯାନଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ।

ଏହି ପ୍ରକାର ପ୍ଲାଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକର ଆକାର ଓ ଓଜନ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଶୁଣି ପରିଚିତ ହେଉ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆକାର ଓ ଓଜନରେ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ଅତି ଉଚ୍ଚ ପାଣ୍ଡ୍ରା ନିମିତ୍ତ ( $50,000 \text{ K W}$  ରୁ ଅଧିକ) ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଓ ପ୍ରଚଳିତ

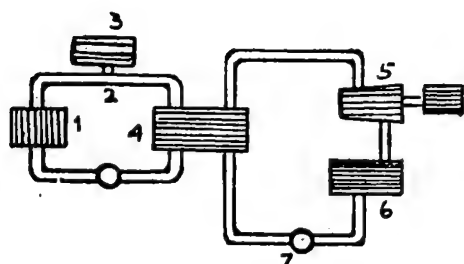
ଇନ୍ଦନ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆକୃତି ପ୍ରାୟ ସମାନ । କିନ୍ତୁ କମ୍ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆକୃତି ଖୁବ୍ କମ୍ ଅଟେ । ଅତି ମଧ୍ୟ ଏ ପ୍ରକାର ଯାନଗୁଡ଼ିକ ଯଦି କୌଣସି କାରଣବଶତଃ ଦୁର୍ଘଟଣାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୋଇ ଓଲଟି ପଡ଼ନ୍ତି ବା ଚୁଡ଼ିଯାନ୍ତି ତେବେ ଶିଆଳ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ତେଜସ୍ବିୟ ବିକିରଣ ଚ୍ୟାପାର୍ଶ୍ବରେ ଲେଖାଯାଏ । ଏହା ବିପଦପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଟେ । ତେଣୁ ଏହାର ସୁରକ୍ଷା ନିମିତ୍ତ ପରିଚାଳନା ବ୍ୟବହାର କରାଯିବାରୁ ଏହାର ଓଜନରେ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ ।

## ଜାହାଜ ଚଳାଚଳ ନିମନ୍ତେ

ଅଣବିକ ଶକ୍ତିଯୁକ୍ତ ଚୁଡ଼ାଜାହାଜ ପ୍ରାୟ ଅନିର୍ଦ୍ଧିଷ୍ଟ କାଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ, କାରଣ ଏଥିରେ ଇନ୍ଦନ ବ୍ୟବହାର ଖୁବ୍ କମ୍ । ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ରହିବା ଉପରେ ଶ୍ବେଦିକର ଏହା କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ, କାରଣ ଏଥିନିମିତ୍ତ ଅମ୍ଳଜାନ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ । ଯାହା କିନ୍ତୁ ଅମ୍ଳଜାନ ଜାହାଜରେ ଥିବା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ମାନଙ୍କର ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ତାହା ତରଳ ଅବସ୍ଥାରେ ନିଆ ହୋଇପାରେ ଏବଂ ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ୍ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତି ଅନୁସାରେ ବାହାର କରାଯାଇଥାଏ । ବହୁ ସମୟ ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ଚୁଡ଼ି ରହିବା ଦ୍ବାରା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ମାନଙ୍କର ମାନସିକ ଦୁର୍ବଳିତା ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ଅଧିକ, କିନ୍ତୁ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ପ୍ରକାର ଅସୁବିଧା ହୋଇ ନଥାଏ ।

ଆମେରିକାର ନୌଚୁଡ଼ାଜାହାଜ ନଟିଲସ୍ (Nautilus) ରେ ସର୍ବପ୍ରଥମ ଥର ପାଇଁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଛାପିତ କରାଯାଇଥିଲା । ଦୁଇବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ 60,000 ନୌମାଇଲ୍ ଅବଦାନ କରାଯାଇ ନିମିତ୍ତ ମାତ୍ର 2-8 ପାଉଣ୍ଡ  $u-235$  ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିଲା । ଯଦି ଏଥି ନିମିତ୍ତ ତେଲ ବ୍ୟବହାର କରାହୋଇଥାନ୍ତା ତେବେ 720,000 ଟନ ତେଲ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାନ୍ତା । ବୋହୋ ହୋଇଥିବା 90ଟି ରେଲଟାଙ୍କିର ତେଲ ଯାହା କରି ଥାନ୍ତା ତାହା ଟେନିସ୍ ବଲ୍ ଆକୃତିର ସ୍ଫୁରନସ୍ଥଳ କରାଯାଇଥିଲା । ନଟିଲସ୍ ଦ୍ବିତୀୟ ଯୁଦ୍ଧରେ ମଧ୍ୟ ବହୁକାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ଓ ଏହା 150,000 ନୌମାଇଲ୍ ଅବଦାନ କରିଥିଲା ।

ନଟିଲସ୍ରେ ବ୍ୟବହୃତ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ତାପୀୟ ଶକ୍ତିର ପଦ୍ଧତିରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ସାଧାରଣ ଜଳ ଉତ୍ତପ୍ତ ଶୀତଳକ ଓ ମନ୍ଦକ ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ, ଇନ୍ଦନ ସାମାନ୍ୟ ସମ୍ପର୍କ ସ୍ଫୁରନସ୍ଥଳ ଅଟେ । ଶିଆଳ୍ଟର ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଓ ଇନ୍ଡିନ୍ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ କେବଳ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ରହିଥାନ୍ତି । ଶିଆଳ୍ଟର ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ନିମ୍ନରେ ପରିସଫୁଲ୍ଲକ ପତ୍ତୀ, ତାପବିନିମୟକ ଓ ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟର ଏକତ୍ର ଥାନ୍ତି ।



ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟର ଉପରେ ଅର୍ଦ୍ଧତା ପୃଥକ୍‌କରଣ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅଛି । ଶୁଷ୍କ ବାଷ୍ପ ଇଞ୍ଜିନ୍ ପ୍ରକୋଷ୍ଟକୁ ପଠା-ଯାଇଥାଏ । ଏଠାରେ ଥିବା ଟର୍ବୋଇନ୍ ଦ୍ଵାରା ନୋଦକ (Propeller) ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଆନୁସଙ୍ଗିକ ଅଂଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

( ଚିତ୍ର ନଂ-33—‘ନଟିଲସ୍’ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାଣ୍ଡ୍ରା ରିଆକ୍ଟର )

1-ରିଆକ୍ଟର, 2-ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ପରିପଥ,

3-ଗୁପ୍ତ ଦେବା ଯନ୍ତ୍ର, 4-ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟର,

5-ଟର୍ବୋ ଜେନେରେଟର, 6-ଶୀତକ, 7-ପମ୍ପ ।

ଆମେରିକାର ଆଣବିକ ଶକ୍ତିଗୁଳିତ ପ୍ରଥମ ବଣିକ ଜାହାଜ ସାଭାନା (Savannah) । ଏହାର ଗତି ନିମିତ୍ତ ଶକ୍ତି ଗୁପ୍ତଯୁକ୍ତ ଜଳ ରିଆକ୍ଟରରୁ ଉତ୍ପାଦିତ । ପୂର୍ବସ୍ଥି ବୋର୍ଲେ ହେଲେ ଏହା 22,000 ଟନ୍ ଓଜନର ଜଳ ନିଷ୍କାସନ କରେ । ଏଥିରେ 60 ଜଣ ଯାତ୍ରୀ ବସିବାର ସୁବିଧା ଅଛି ଓ ଏହା 9300 ଟନ୍ ଶୁଷ୍କ ମାଲ୍ ବୋର୍ଲାଇ କରି ନେଇପାରେ । ଏହାର ଗତି ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 21 knot ଏବଂ ଯୁଦ୍ଧବାର ଇନ୍ଦ୍ରିନ ନେବା ପୂର୍ବରୁ 300,000 ନୌମାଇଲ୍ ଗତି କରିଥାଏ ।

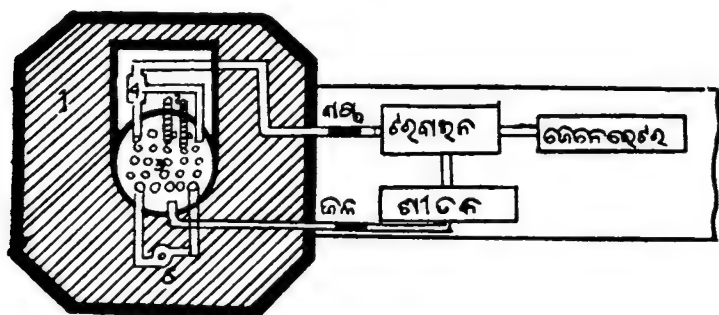
ସାଭାନା ରିଆକ୍ଟରରେ ସାମାନ୍ୟ ସମୃଦ୍ଧ ସୁବିକ୍ଲୟମ୍ ତାପାନ୍ତରାୟକ ଷ୍ଟେନ୍‌ଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ଦ୍ଵାରା ଅଚ୍ଛାଦିତ ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ମଧ୍ୟରେ 5248 ଇନ୍‌ଚିନ୍ 32ଟି ଗୁଚ୍ଛରେ ସଜ୍ଜା ହୋଇଥାନ୍ତି । ଗୁପ୍ତ ପାତ୍ର ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ନିମଜ୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । 1750 lbs/PSI ଗୁପ୍ତରେ ଏହା କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଜଳ ଶୀତଳକ ପ୍ରାୟ 525°Fରେ ବହୁର୍ଗମନ କରିଥାଏ । ଦୁଇଟି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବାଷ୍ପର ଉତ୍ତପ୍ତ 464°F ଏବଂ ଗୁପ୍ତ 485 lbs/PSI । ପ୍ରତି ଘଣ୍ଟାରେ 266,000 ପାଉଣ୍ଡ ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାଦ୍ଵାରା ଟର୍ବୋଇନ୍ ଗୁଳିକାରୁ ଜାହାଜ ଆଗେଇ ଚାଲେ ।

ଜଳପମ୍ପ, ଗୁପ୍ତପାତ୍ର, ବଏଲର୍, ବାଷ୍ପତ୍ରମ ସବୁ 50ଫୁଟ ଲମ୍ବ ଓ 35ଫୁଟ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ପାତ୍ରମଧ୍ୟରେ ସଜ୍ଜା ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ପାତ୍ର ଷ୍ଟିଲ୍ ନିର୍ମିତ ଏବଂ 185/PSI ଗୁପ୍ତ ସହ୍ୟ କରିପାରେ । ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ପରିରକ୍ଷକ ରକ୍ଷକ ଦ୍ଵାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଓ ଗାମାରଶ୍ମିର ଡାକ୍ତା ହ୍ରାସପାଇ ସହଜଶୀଳ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ରହୁଥାଏ । ଯାନ୍ତ୍ରିକ, ଜାହାଜଗୁମିକ, ଓ ବନ୍ଦରରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଗୁମିକ ମାନଙ୍କୁ ଯେପରି ବିକିରଣଜନିତ ବିପଦ ଜମ୍ମ ହୋଇପାରିବ ସେ ସବୁର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଥାଏ ।

ଅତି କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଜାହାଜ ମଧ୍ୟ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଦ୍ଵାରା ପରିଚାଳିତ । ଆମେରିକା ନୌବାହିନୀର ସବୁଠାରୁ ବଡ଼ ଜାହାଜ ଏଣ୍ଟର ପ୍ରାଇଜ୍ (Enterprise) ଅଟେ ଏବଂ ଏହା ୫ଟି ରିଆକ୍ଟର ଶକ୍ତି ଦ୍ଵାରା ଚାଲିଥାଏ । ପ୍ରଥମ ହୋଡ଼କୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଏହା 200,000 ନୌମାଇଲ୍ ସମୁଦ୍ର ପଥ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିଲା । ଆମେରିକାର, ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଲିଥାଏ ଅନ୍ୟ ନୌଜାହାଜ ରୁଡ଼ିକ ହେଲ ଲଙ୍ଗବିଚ୍ (Long Beach), ଗାଲ୍ଡେନ୍ସ ମିଶାଇଲ ହୁଇଜର, ଡେଷ୍ଟି ସ୍ପର, ବ୍ରେନ୍‌ସ୍ଟ୍ରୀକ ଓ ଟେକ୍ସଟରନ ।

ରୁଷିଆର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଲିଥାଏ ଆଟମିକ୍ ଆଇସ୍ ବ୍ରେକର ଲେନିନ (Lenin) ଅଟେ । ଏହା 16,000 ଟନ୍ ଜଳ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିଥାଏ । ବନ୍ଦରକୁ ନ ଫେରି ସାଧାରଣ ଆଇସ୍ ବ୍ରେକର ଅପେକ୍ଷା 10-12 ଗୁଣ ପଥ ଅତିକ୍ରମ କରିଥାଏ । ଅଗମ୍ୟ ବରଫ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ଆଇସ୍ ବ୍ରେକର ଗତି କରିପାରେ । ମେରୁ ଆବିଷ୍କାରକମାନେ ବରଫାବୃତ ଅଗମ୍ୟ ଅଂଚଳରେ ନୂତନ ବାତାବରଣ ମଧ୍ୟରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗବେଷଣା କରିଥାନ୍ତି ।

ସ୍ଥଳପଥରେ ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ :—



[ ଚିତ୍ର ନଂ-34—ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡୁର (ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ) ]

1-ପରିଚାଳନା ତାଳ, 2-ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼, 3- $D_2O$ ରେ ସୁରକ୍ଷାକାଳ ସଲଫେଟ୍ ଦ୍ରବଣ, 4-ଆର୍ଦ୍ରତା ପ୍ରଥକକ, 5-ତରଳ ଧାତୁ ପମ୍ପ ।

ସ୍ଥଳ ପଥରେ ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଲିଥାଏ ପାଣ୍ଡୁର ପାଣ୍ଡୁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ ।

ଏହାର ହୋଡ଼ ଏକ ସମକାନ୍ତାୟ ଲିଆକ୍ଟର ଏବଂ ସ୍ଵାସ୍ଥ୍ୟ ଜଳରେ 9 Kg u-235 ସୁରକ୍ଷାକାଳ ସଲଫେଟ୍ ଦ୍ରବଣ ଥାଏ । ଏହି ଦ୍ରବଣକୁ  $240^{\circ}C$  ଉତ୍ତପ୍ତରେ ଗୁପ୍ତ ଦିଆଯାଇ ଥାଏ । ହୋଡ଼ରେ 10,000 ନକ୍ସା ମଧ୍ୟରେ ଜଳ ସଂଚାଳିତ ହେବାଦ୍ଵାରା

ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହୋଇଥାଏ । ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ସଂଚାଳିତ ଜଳ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଚରବାଇନ୍ ଓ ଜେନେରେଟର ଚଳାଇଥାଏ ।

ସଂଚାଳନ-ପଦ୍ଧତି ଓ ଆଦତା ପୃଥକ୍ କରିବା ଯଦ୍ୱାରା ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ ଆକାର  $60 \times 90 \times 90$  ସେ.ମି ଏବଂ ଏହାର ଚତୁର୍ଘାତରେ 120 ସେ.ମି ମୋଟା 200 ଟନ କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିରକ୍ଷକ ଘେରିଥାଏ । ଏହି ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ 7,000 ଅଣୁ ଶକ୍ତି କ୍ଷମତା ବିଶିଷ୍ଟ । ଏହି ଯାନର ଲମ୍ବା 48 ମିଟର । ସାଧାରଣ ଇନ୍ଦନ ଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ ଯାନ ସହ ଏହି ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଳିତ ଯାନ ଚାଲିଥାଏ । ପ୍ରଚଳିତ ଇନ୍ଦନ ବ୍ୟବହାର କରି ଯାନଗୁଡ଼ିକ ଯେତେ ଦୂର ଯାଇପାରିବେ, ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଳିତ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ ତାରାରୁ 46 ଗୁଣ ଅଧିକ ଯାଇପାରିବ ।

ସ୍ଥଳ ପଥରେ ଲନ୍ଦନ ନ ବଦଳାଇ ହଜାର ହଜାର ମାଇଲ ଗଢି କରିବା ଖୁବ୍ କମ୍ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ସ୍ଥଳ ଭାଗରେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଶକ୍ତିର ବିଶେଷ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରେ—ବହୁତ ଚାଳିତ ରେଳ ଷ୍ଟେସନ୍‌କୁ ପାଠ୍ୟର ଯୋଗାଇବା ପାଇଁ, ରାସ୍ତାସ୍ଥଳକୁ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ ସ୍ଥାପନ କରି ସିଫ୍ଟେଟିକ ପେଟ୍ରୋଲ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପାଇଁ ।

## ରକେଟ୍ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାଠ୍ୟର--

ରକେଟ୍ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ଏକ ପ୍ରୋପେଲେଣ୍ଟ (Propellant) ନିଷ୍କୃତ ଭାବରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରୋପେଲେଣ୍ଟ ତରଳ ବା ଗ୍ୟାସୀୟ ହୋଇପାରେ । ଗ୍ୟାସୀୟ ପ୍ରୋପେଲେଣ୍ଟ ଏକ ଦିଗରେ ଗଢି କଲେ ରକେଟ୍‌ଯାନ ଅନ୍ୟ ଦିଗରେ ଗଢି କରିଥାଏ । ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦ୍ୱାରରେ ପ୍ରୋପେଲେଣ୍ଟ ଉପଯୋଗରୁ ରକେଟ୍ ଇଞ୍ଜିନର ଦକ୍ଷତା ଜଣାପଡ଼େ, ଏବଂ ଏହା ରକେଟ୍‌ର ବିଶିଷ୍ଟ ଆବେଗ (Specific Impulse) କହନ୍ତି । ବିଶିଷ୍ଟ ଆବେଗ ସେକେଣ୍ଡ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ 1 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁ ପ୍ରୋପେଲେଣ୍ଟରୁ 1 ପାଉଣ୍ଡ ବଳ ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇ ପାରିବ ।

$$I_{SP} = \text{Constant} \times \sqrt{T/m}$$

ଏଠାରେ  $T$ , ରକେଟ୍ ଚାଳନା ପ୍ରବେଶ କରିବା ପୂର୍ବରୁ

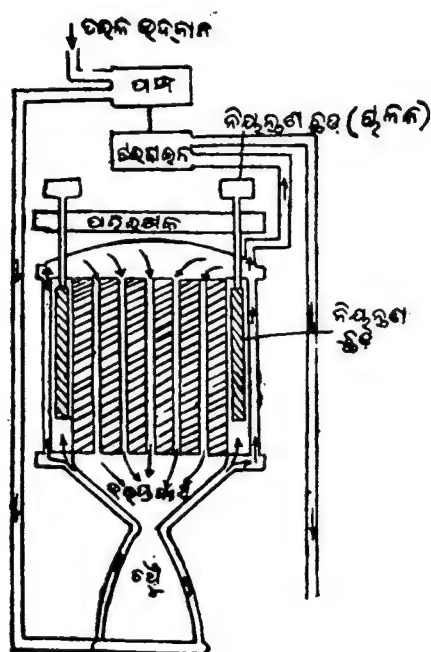
ପରମ ଉତ୍ତପ (Absolute Temp) ଅଟେ ।

$M$ , ଦ୍ରାବ୍ୟର ଆଣବିକ ଓଜନ ।

ଦୁଇଟି ଉପାୟରେ ରକେଟ୍‌ର ବିଶିଷ୍ଟ ଆବେଗ ବଢ଼ା ଯାଇପାରେ । ଏହାର ଉତ୍ତପକୁ ବଢ଼ାଇ ବା ଗ୍ୟାସର ଆଣବିକ ଓଜନ କମାଇ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ରକେଟ୍‌ରେ ଗ୍ୟାସର ଉତ୍ତପ ଓ ଆଣବିକ ଓଜନ ପରିସ୍ପରାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ । ଗ୍ୟାସର ଉତ୍ତପ ବଢ଼ାଇବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ତାପ ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ କୋଡ଼ ମଧ୍ୟରୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭଜନ ଦ୍ୱାରା ମିଳିଥାଏ ।

ଗ୍ୟାସର ଆଣବିକ ଓଜନ କମାଇଲେ ମଧ୍ୟ ଉତ୍ତପ ବଢ଼ିଥାଏ । ଉତ୍କଳାନର ଆଣବିକ ଓଜନ 2.00, ଏବଂ ସ୍ଥାୟୀ ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏହା ସର୍ବନିମ୍ନ । ତେଣୁ ପ୍ରତିଫଳଣ ରୂପେ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

କିଛି, ଫୋବପ, ଓ NRX ଶିଆକ୍ଟରରେ ପାଇରେଲାଇଟିକ୍ କାରବନର ଆବରଣ ଥିବା ସମୃଦ୍ଧ ସୁବିନ୍ୟସ୍ କାରବାଇଡ଼ର ଗ୍ରେଟ ଗ୍ରେଟ ମଲି (Bead) ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦନ ଅଟେ । କୋଡର ଚର୍ଚ୍ଚାପାଣ୍ଡିରେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ସ୍ତରରେ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ପ୍ରତିଫଳକ ଏବଂ ଦ୍ଵିତୀୟ ବାହ୍ୟ ସ୍ତରରେ ବେରିଲିୟମ୍ ପ୍ରତିଫଳକ ଏକ ଗୁପ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ରହିଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ ଓ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ବୋରନ୍-10 ଦ୍ଵାରା ହୋଇଥାଏ ।



( ଚିତ୍ର ନଂ-35 )

ପତଳା ସ୍ତର ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଉଷ୍ମ ଗ୍ୟାସ ଶିଆକ୍ଟରରୁ 1950 ରୁ 2500° C (350 ରୁ 4530 F) ଉତ୍ତପ ମଧ୍ୟରେ ତାପ ମଧ୍ୟଦେଇ ବହୁଷ୍ଣ ହୋଇଥାଏ, ଏବଂ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରଣୋଦ (Thrust) ସୃଷ୍ଟି କରଥାଏ ।

ତରଳ ଉତ୍କଳାନ ଶିଆକ୍ଟର ଶୀତଳକ ଭାବେ ଗୃହୀତ ଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ଏହା ତାପ ଓ ଶିଆକ୍ଟର ଚର୍ଚ୍ଚାପାଣ୍ଡିରେ ପଶି ଦ୍ଵାରା ସଂଗୃହୀତ ହୋଇ ଶୀତଳିତ ହୋଇଥାଏ । ତାପରେ ଶିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରୁ ତରଳ ଗ୍ୟାସୀୟ ମିଶ୍ରଣ ଭାବେ ପ୍ରବେଶ କରଥାଏ । କୋଡ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଶୀତଳକ ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରସ୍ତା ଦେଇ ଉତ୍କଳାନ ଗତି କରଥାଏ । ଶୀତଳକର ଏହି ରସ୍ତା-ଗୁଡ଼ିକରେ ନିର୍ଓବସ୍ତ କାରବାଇଡ଼ର ଏକ ପତଳା ସ୍ତର ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଉତ୍କଳାନ ଅତି ଉଚ୍ଚ ପରିବେଶ ମତ୍ତ ଏହି ରସ୍ତା ଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ଏହାର ସଂକ୍ଷାରଣ (Corrosion) ଓ ଅପରଦନ (Erosion) କାର୍ଯ୍ୟରୁ ଉଷ୍ମ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ରକ୍ଷା କରିବାକୁ ନିର୍ଓବସ୍ତ କାରବାଇଡ଼ର ଏହି

ରକେଟ୍ ଗୁଳି ନାହିଁ ନିମ୍ନ ବାୟୁର କୌଣସି ଆବଶ୍ୟକତା ନ ଥିବାରୁ ଏହା ମଧ୍ୟ ପୃଥିବୀର ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳ ବାହାରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ । ଶିକ୍ଷାକ୍ରମରୁ ମିଳୁଥିବା କିଛି ଅଂଶ ତାପ ଜଳନକୁ ବାଣୀଭୂତ କରିଥାଏ । ଏବଂ ଅବଶିଷ୍ଟ ତାପକୁ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ନଚେତ୍ ଯାନଟି ପ୍ରାୟଶଃ ଜଳି ଯାଇପାରେ । ପୃଥିବୀ ବାହାରେ ପରିବହନ ପରିଚାଳନା ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ବିଭିନ୍ନ ଉଚ୍ଚ ଉଚ୍ଚାପ ବ୍ୟବହାରରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରି ନଥାଏ । ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ବାହାରେ ରକେଟ୍ ଶୀତଳ କରିବା ନିମ୍ନ ଶକ୍ତିମୟ ଉପାୟ ହେଲା ଏହାର ଉତ୍ତପ୍ତ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକୁ ସମେ ସମେ ବହାରକୁ ପିଙ୍ଗିବା । ଏହା ଦ୍ଵାରା ଯନ୍ତ୍ରର ତାପ ଗ୍ରହଣୀୟ ହୁଏ ପାଇଥାଏ ।

ରକେଟ୍ ଆକାର ମଧ୍ୟ ଏକ ସମସ୍ୟା ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ।

ରକେଟ୍ ଆକାର ମଧ୍ୟ ଏକ ସମସ୍ୟା ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ରକେଟ୍ ର ଲମ୍ବ 400 ଫୁଟ୍ ବା 40 ଫୁଟ୍ ଏବଂ ଏହାର ଆୟତନ ଅତି କମ୍ରେ 500,000 ଘନଫୁଟ୍ ଅଟେ ।

## ସୁବିଧା—

ଶିକ୍ଷାକ୍ରମର ଅସୀମ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇଥାଏ । କଠିନ ନୋଦନଶୀଳ (Propellant) ରାସାୟନିକ ରକେଟ୍, ସାମରିକ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଯାତ୍ରା (Military Terrestrial Mission) ନିମ୍ନ ଉପଯୋଗୀ । ଅଧିକ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଯାତ୍ରା (Extra Terrestrial Mission) ନିମ୍ନ ନିଉକ୍ଲିୟାର ରକେଟ୍ ଅପରିହାର୍ଯ୍ୟ । ଚନ୍ଦ୍ର ଯାତ୍ରା ନିମ୍ନ ପ୍ରଚଳିତ (Conventional) ରକେଟ୍ ଉପଯୋଗୀ କିନ୍ତୁ ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ (Inter Planetary Travel) ଯାତ୍ରା ନିମ୍ନ ଆୟୁନ ରକେଟ୍ ବ୍ୟବହାର ହେବା ଉଚିତ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ରକେଟ୍ ଓଜନରେ ଅତି ଗୁରୁ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରଥମ ସୋପାନ ରାସାୟନିକ ରକେଟ୍ (Single Stage Chemical Rocket) ଠାରୁ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ । ଅନ୍ତରାକ୍ଷ ଯାତ୍ରା ଓ ପୃଥିବୀ ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳକୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ନିମ୍ନ ଯାତ୍ରାରେ ଏହା ଅଧିକ ଉପଯୋଗୀ । ବହୁ ନେଇ ଯିବା 10 ଟନରୁ ଅଧିକ ଭାର ନିମ୍ନ ଏହା ସବୁ ଯାତ୍ରାଠାରୁ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଅଟେ ।

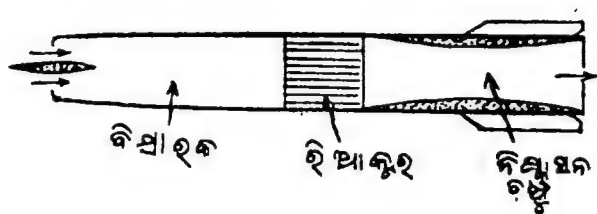
## ବ୍ୟୋମଯାନ ନିମ୍ନ ପାଠ୍ୟର ଶିକ୍ଷାକ୍ରମ—

ପରିବେଶ ଓ ଭୂରୂପ ପରିସରର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବ୍ୟୋମଯାନର ଓଜନ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ତେଣୁ ପ୍ରଚଳିତ ଜଳନ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଦ୍ଵାରା



ବ୍ୟୋମଯାନ ଗୁଡ଼ିକର ଉନ୍ନୟନ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ତେବେ ଦୂରଦୂର ଏକ ନିୟମ ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ଯାନର ସଫୋଟ ପରିବେଶ ସୀମିତ ଅଟେ । 10,000 ମାଇଲ ଦୂରକୁ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବେ ଅନୁସମ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯାନର ସଫୋଟ ପରିବେଶ ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 40° ମାଇଲ ଅଟେ । ବ୍ୟୋମଯାନର ପରିବେଶ ଓ ଓଜନର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହାର ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ଉପଯୋଗ ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ତେଣୁ ସଫୋଟ ଗତି ସୀମିତ ଅଟେ । କିନ୍ତୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡ୍ରା ଯୁଗରେ ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ଉପଯୋଗ ଅତି ନଗଣ୍ୟ ହୋଇ ଥିବାରୁ ଏହାର ଉପକାର ଘଟେନା । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ଉପଯୋଗ କରି ଯଦି କୌଣସି ବ୍ୟୋମଯାନ ଭୂସମତଳରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ଉଠିଥାଏ ତେବେ ତାପରେ ଏହାର ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ଉପଯୋଗ ଉପରେ କୌଣସି ଗୁରୁତ୍ୱ ଦିଆଯାଏ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଆଉ କେତେକ ଆନୁସଙ୍ଗିକ ଅଂଶ ଏହାର କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମତାକୁ ପ୍ରସାରିତ କରିଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡ୍ରା ପ୍ଲାଣ୍ଟର ବ୍ୟବହାର ବ୍ୟୋମଯାନ ଗୁଳନା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରସାରିତ ହୋଇଛି; କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ରାମଜେଟ୍ (Ramjet) ସବୁଠାରୁ ସରଳ ଅଟେ ।

### ନିଉକ୍ଲିୟାର ରାମ-ଜେଟ୍ (The Nuclear Ram-Jet)



(ଚିତ୍ର ନଂ-36)

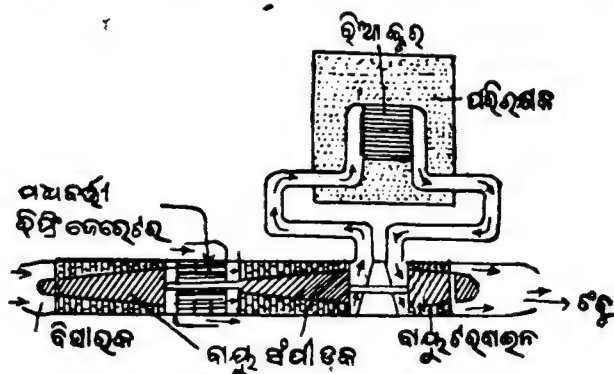
ପୃଥିବୀର ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳ ମଧ୍ୟରେ ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ ରାମଜେଟ୍ ଇଞ୍ଜିନ ସବୁଠାରୁ ସରଳ ଭାବେ ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇପାରେ । ଯାନର ଅଗ୍ରଗତି ସମୟରେ ବାୟୁ, ବିସ୍ଫାରକ (Diffuser) ମଧ୍ୟରେ ସଂକୁଚିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ପ୍ରସ୍ତ ବାୟୁ ଗଠି ମଧ୍ୟଦେଇ ଅତି ପରିବେଶ ସହ ସଂପ୍ରସାରିତ ହେବା ଦ୍ୱାରା ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରଶୋଦ୍ଧ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବ୍ୟୋମଯାନ ଆଗକୁ ଆଗେଇ ଚାଲେ ।

ରାମଜେଟ୍ ପାରାଧ୍ୱନିକ ବେଗ (Supersonic Speed)ରେ ଗତିକଲେ (ଗତି ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 700 ମାଇଲରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ) ଅତି ଉତ୍ତମ ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ

ଆବଶ୍ୟକ ପଦ୍ଧତିରୁ ଯନ୍ତ୍ରର ଅନୁପାତ (Expansion Ratio)  $2,000^{\circ}\text{C}$  ଉତ୍ତପ୍ତରେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

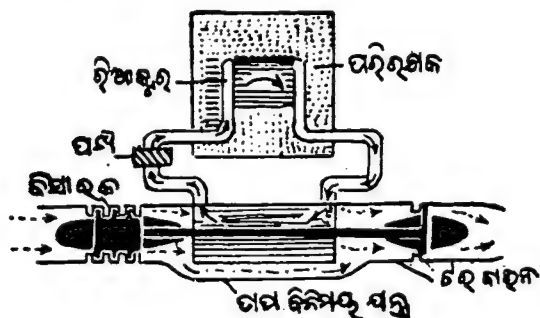
### ନିଉକ୍ଲିୟାର ଟରବୋଜେଟ୍ (The Nuclear Turbojet) —

ଟରବୋଜେଟ୍ ନିମ୍ନ ଧ୍ବନିକ (Sub Sonic) ବେଗରେ ଥିବା କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ଅଟେ ।



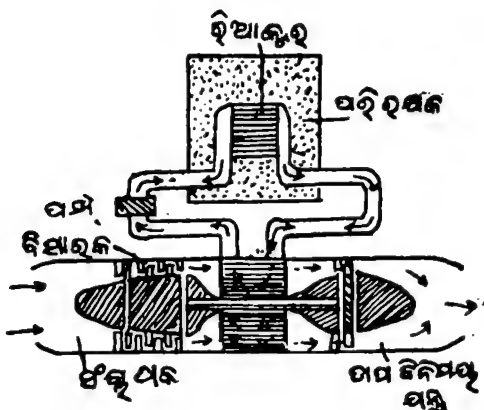
(ଚିତ୍ର ନଂ-37—ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ବିଶେଷ ଟରବୋଜେଟ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାଠ୍ୟର ଯୁକ୍ତି)

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ସଂରୂପିତ ହୋଇଥାଏ । ସଂରୂପକ ଦୁଇ ସୋପାନ (Stage) ମଧ୍ୟରେ ଫିଡ୍‌ରେଟର ଥାଏ । ସଂପୀଡ଼ନ ମଧ୍ୟରୁ ବାୟୁ ଗ୍ୟାସ୍‌ଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ତପ୍ତ ବାୟୁରୁ କିଛି ଅଂଶ ଗ୍ୟାସ୍‌ ଟରବୋଜେଟ୍‌ରୁ ଯାଇଥାଏ । ଅନ୍ୟ କିଛି ଅଂଶ ଚଷ୍ମ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ସଂପ୍ରସାରିତ ହୋଇ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରଶୋଦ୍ଧ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ । ବାୟୁର ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା କ୍ଷମତା ଥିବା ନିମ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ ଗ୍ୟାସ୍‌ଟର ମଧ୍ୟରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ନିମ୍ନ ବାୟୁକୁ ଥିବା ସଂରୂପିତ କରିବାକୁ ପଡ଼େ ।



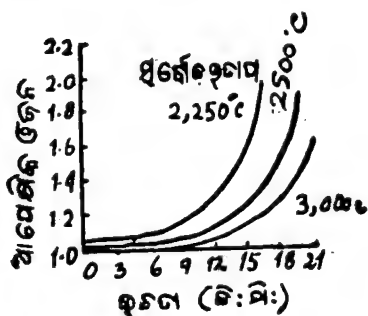
(ଚିତ୍ର ନଂ-38—ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ବିଶେଷ ଟରବୋଜେଟ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାଠ୍ୟର ଯୁକ୍ତି)

ଉପରେ ଚିତ୍ରରେ ସମକାନ୍ତୀୟ ପ୍ଲାଷ୍ଟର ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଆକାର ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଛି । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶିଆଳ୍ଟର ଏକ ତରଳ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଶୀତଳିତ ହୋଇଥାଏ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଓ ବାୟୁ ଦ୍ୱାରା ଗୁଳିତ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଶିଆଳ୍ଟର ବାହାରେ ଅବସ୍ଥିତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-39—ହାଇଡ୍ରୋକାର୍ବନ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାସ୍ ଟରବୋଲେଟ୍ ଇଞ୍ଜିନ)

ଏହା ପ୍ରଚଳିତ ହାଇଡ୍ରୋକାର୍ବନ ଇଞ୍ଜିନ ଏବଂ ନିଉକ୍ଲିୟାସ୍ ଟରବୋଲେଟ୍ ଇଞ୍ଜିନର ଏକ ମିଳନ ଚିତ୍ର ଅଟେ । ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ମାଧ୍ୟମ ଭାବେ ଉତ୍ତପ୍ତ ତରଳ ଏବଂ ନିମ୍ନ ଉତ୍ତପ୍ତରେ କଠିନ ଅଟେ, ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ମିଳିତ ଇଞ୍ଜିନ ବହୁ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ପ୍ରଥମେ ଇଞ୍ଜିନ ପ୍ରଚଳିତ କରନ୍ତି ତେବେ ତାହା ଗୁଲେ ଏବଂ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ବସ୍ତୁ ତରଳିବା ପରେ ନିଉକ୍ଲିୟାସ୍ ଇଞ୍ଜିନ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏହି ମିଳିତ ଉଦ୍ୟମ ଦ୍ୱାରା ବହୁ ଉପକାର ସାଧିତ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-40)

ବ୍ୟୋମଯାନ ଉଠିବା କଷ୍ଟକର, କାରଣ ବ୍ୟୋମଯାନର ଆପେକ୍ଷିକ ଓଜନ ଅନିର୍ଣ୍ଣିତ ଭାବେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଯଦି ବ୍ୟୋମଯାନ କୌଣସି ପ୍ରକାର ଉପରକୁ ଉଠେ, ତେବେ ଏହା ଘାଟ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉପରେ ବଚରଣ କରିପାରିବ, କାରଣ ଇଞ୍ଜିନର ଉପଯୋଗ ଅତି ନଗଣ୍ୟ ଅଟେ । ଏ ପ୍ରକାର ବ୍ୟୋମଯାନର ଓଜନ ଉଡ଼ିବ । ସମୟରେ ସ୍ଥିର ରହେ । ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ଲାଷ୍ଟର ଓଜନ, ବ୍ୟୋମଯାନ ଓଜନର ସମାନ୍ତରାଳ । 3,000° C ର ନିମ୍ନ ଉତ୍ତପ୍ତରେ 20 କିଲୋମିଟର ଉଚ୍ଚତାକୁ ବ୍ୟୋମଯାନ ଉଠିବା କଷ୍ଟକର, କାରଣ ବ୍ୟୋମଯାନର ଆପେକ୍ଷିକ ଓଜନ ଅନିର୍ଣ୍ଣିତ ଭାବେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

## ଜଳକୁ ଲବଣ ମୁକ୍ତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡ୍ରା (Nuclear Power for Desalting Water)—

କୃଷି, ଶିଳ୍ପ ଓ ଘରୋଇ ବ୍ୟବହାର ନିମିତ୍ତ ଶୁଦ୍ଧ ଜଳ ଆବଶ୍ୟକ । ଜଳଶୂନ୍ୟ ଅଞ୍ଚଳରେ ସଦ୍ୟ ଜଳର ଅଭାବ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏ ସବୁ ଅଞ୍ଚଳକୁ ବହୁ ଦୂରରୁ ଜଳ ଆସିଥାଏ । ଏହା ଏକ ବଡ଼ ଜଟିଳ ସମସ୍ୟା । ଯଦି ଖୁବ୍ କମ୍ ଲବଣ ଯୁକ୍ତ ଜଳକୁ ଲବଣ ମୁକ୍ତ କରିଦେବ ତେବେ କିଛିକାଂଶରେ ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରିବ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡ୍ରା ଉପଯୋଗ କରି ଫ୍ଲାସ୍ ଡିସ୍ଟିଲେସନ୍ ନିୟମ (Flash Distillation Principle) ଅନୁସରଣ କରି ସମୁଦ୍ର ଜଳକୁ ଲବଣମୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ସାଧାରଣ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଗୁପ୍ତରେ ସମୁଦ୍ର ଜଳକୁ ଏହାର ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କଠାରୁ କମ୍ ଉତ୍ତପ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗରମ କରାଯାଏ । ଉତ୍ତପ୍ତ ଜଳ କମ୍ ଗୁପ୍ତରେ ଏକ ପ୍ରକୋଷ୍ଟକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏଠାରେ ଏହାର ଗୁପ୍ତ ହ୍ରାସ କରାଯାଏ । ଅଧିକାଂଶ ଜଳ ଏହି ନମ୍ନ ଗୁପ୍ତରେ ହଠାତ୍ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବାଷ୍ପ ଘନୀଭୂତ ହୋଇ ଜଳରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହିପରି କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଗୁପ୍ତ ହ୍ରାସ ହୁଏ ଦ୍ଵାରା ପ୍ରଥମେ ବାଷ୍ପୀକରଣ ଓ ପରେ ଘନୀକରଣ ସଂପଦିତ ହୁଏ । ଅତି ଲବଣଯୁକ୍ତ ଜଳ (Brine)କୁ ପରିତ୍ୟାଗ କରାଯାଏ ।

ପ୍ରତିଦିନ 100 ନିୟୁତ ଟ୍ୟାଲନ୍ ଜଳ ନିଷ୍କାସନ କରୁଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ବ୍ୟୟ କମ୍ । କ୍ଷୁଦ୍ର ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ଲାଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକରୁ ପ୍ରାୟ ଜଳର ବ୍ୟୟ, ପ୍ରଚଳିତ ଉପାୟରେ ମିଳୁଥିବା ଜଳ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ବା ବେଶୀ ହେବ ତାହା ସନ୍ଦେହ ଜନକ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ନିଉକ୍ଲିୟାର ପଦ୍ଧତି ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ । ଏକ ପ୍ରକାର ଶିଖର ଡେକଲ ଲବଣମୁକ୍ତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଓ ଅନ୍ୟ ଏକପ୍ରକାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଉତ୍ତପ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଓ ସଦ୍ୟ ଜଳ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହାର ହୋଇପାରେ । ସ୍ଥାନବିଶେଷରେ ଆବଶ୍ୟକତା ଅନୁଯାୟୀ ଯେ କୌଣସି ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରିବ ।

## ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଦରକାରୀ ପଦାର୍ଥର ରକ୍ଷଣାବେକ୍ଷଣ

(Preservation of Radioactive Waste Product)

ବିଭିନ୍ନ କାର୍ଯ୍ୟରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଦରକାରୀ ଉତ୍ପାଦନ-ଗ୍ୟାସୀୟ, ତରଳ ଓ କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ଚକ୍ରର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏଗୁଡ଼ିକୁ ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ଏବଂ ଏପରି ସ୍ଥାନରେ ରଖିବାକୁ ପଡ଼ିବ ଯେପରି ଏମାନଙ୍କର

ତେଜସ୍ବିୟତା ବୃକ୍ଷଭଙ୍ଗ, ପ୍ରାଣୀ ତଥା ମାନବ ସମାଜକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରି କ୍ଷତିଗ୍ରସ୍ତ ନ କରିପାରେ ।

ଯଦି ସମସ୍ତ ପୃଥିବୀର କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତିଦ୍ବାରା ପରିଚାଳିତ ହେବ ତେବେ ବିଭିନ୍ନ ଜନିତ ଉତ୍ପାଦନ ମଧ୍ୟରୁ କ୍ଷଣସ୍ଥାୟୀ ତେଜସ୍ବିୟ ପଦାର୍ଥ ଲେପ ପାଇବା ପରେ ପ୍ରତିବର୍ଷ  $10^9$  କୁଏଟ୍ ତେଜସ୍ବିୟ ଅଦରକାଶ ଉତ୍ପାଦନକୁ ସାଜିଦେବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ପଡ଼ିବ । ଏହାମଧ୍ୟ ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ଯେ 2000 ମସିହା ପୂଜା ପ୍ରତିବର୍ଷ  $10^{11}$  କୁଏଟ୍ ତେଜସ୍ବିୟ ଅଦରକାଶ ଉତ୍ପାଦନ ଜମା ହେବାକୁ ଲାଗିବ । ଏତେ ବେଶୀ ପରିମାଣର ତେଜସ୍ବିୟତାକୁ ପୃଥିବୀର ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ପ୍ରସ୍ତୁତଦେଲେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଦୂଷିତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଜୀବଜଗତ ପ୍ରତି କ୍ଷତି ସାଧିତ ହେବ ।

ତେଣୁ ଏହି ତେଜସ୍ବିୟ ଅଦରକାଶ ପଦାର୍ଥକୁ ସାଜିଦେବା ନିମିତ୍ତ ବିଭିନ୍ନ ଉପାୟ ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଉଛି ।

### ସମୁଦ୍ରରେ ବିକ୍ଷେପ (Dispersal in Ocean)

ସମୁଦ୍ରର ବିଶାଳ ଜଳଭଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଯଦି ଏହି ତେଜସ୍ବିୟ ଅପରିଷ୍କୃତ ପଦାର୍ଥକୁ ମିଶାଇ ଦିଆଯାଏ ତେବେ ସମୁଦ୍ରର ତେଜସ୍ବିୟତା ସ୍ତରରେ ବୃଦ୍ଧି ଦର୍ଶିବ । କିନ୍ତୁ ସମୁଦ୍ରରେ ସମପରିମାଣରେ ଏହା ବିକ୍ଷେପିତ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ଫଳ ସ୍ବରୂପ ସ୍ଥାନେ ସ୍ଥାନେ ତେଜସ୍ବିୟତା ବୃଦ୍ଧି ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଅନ୍ୟ ସ୍ଥାନମାନଙ୍କରେ ତେଜସ୍ବିୟତା ହ୍ରାସ ପାଇ ଥାଏ । ତେଣୁ ସମୁଦ୍ର ବିକ୍ଷେପ ଏକ ଫଳପ୍ରସ୍ତୁତ ଉପାୟ ନୁହେଁ ।

### ସ୍ଥାୟୀ ଭଣ୍ଡାର (Permanent Storage) :—

ଭୂ ଗର୍ଭରେ ଭଣ୍ଡାର କରି ସ୍ଥାୟୀ ଭାବେ ଏହି ତେଜସ୍ବିୟ ଅପରିଷ୍କୃତ ପଦାର୍ଥକୁ ରଖାଯାଇପାରେ । ସାଜିଦେବା ପୂର୍ବରୁ ବିଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତି ଅନୁସରଣ କରାଯାଏ ।

### ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବେଡ୍ କାଲସିନେସନ ପଦ୍ଧତି—

ଏହି ପଦ୍ଧତି ଅନୁସାରେ ଆଲୁମିନା ( $Al_2O_3$ ) ର ସୂକ୍ଷ୍ମ କଣିକା ଥିବା ଏକ ସ୍ତରକୁ  $400^\circ C$  ରୁ  $600^\circ C$  ଉତ୍ତପ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତପ୍ତ କରାଯାଏ ଏବଂ ଅଦରକାଶ ଦ୍ରବଣକୁ ଏହା ଉପରକୁ ସ୍ଥେ କରାଯାଏ । ବାୟୁ ପ୍ରବାହ ଦ୍ବାରା ଏହି କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଶୁଷ୍କ ଭାବେ ରହିଥାନ୍ତି ।

ହୋଇ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଭଳି ବହୁବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ଉତ୍ପ୍ର ଆଲୁମିନା କଣିକା ସହ ଅକ୍ସିଜ୍ନ ସ୍ତେ, ବିନ୍ୟୁଗୁଡ଼ିକ ଘନସ୍ଥ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସନ୍ତି । ଜଳ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହେବା ପରେ ବିଭଜନ ଉତ୍ପାଦ କଠିନ ନାଇଟ୍ରେଟ୍ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ତାହା ଦ୍ଵାରା ନାଇଟ୍ରେଟ୍ ଅପଘଟନ ଘଟି ଏହା ଅକ୍ସାଇଡ୍ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଅବଶିଷ୍ଟ କଠିନ ପଦାର୍ଥକୁ କାଚଭଳି ଏକ ପଦାର୍ଥରେ ଏପରି ପରିଣତ କରାଯାଏ ଯେପରି ଏହା ଜଳସହ୍ୟ ହିସାବ କରି ନ ପାରିବ । ପରିଶେଷରେ ଏହା ଟାଙ୍କିରେ ସାଇତା ହୁଏ ।

### ସ୍ତେ-କାଲସିନେସନ ପଦ୍ଧତି—

ଅଦରକାରୀ ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ଆକ୍ଷମାଳକଜା ତରୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ସିଲିଣ୍ଡର ସଦୃଶ ଅକ୍ଷାଳିକା ଉପରକୁ ସ୍ତେ କରାହୁଏ । ଏହି ସିଲିଣ୍ଡର ସଦୃଶ ଅକ୍ଷାଳିକାର କାନ୍ଥଗୁଡ଼ିକ  $800^{\circ}\text{C}$  ଉତ୍ତପ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ପ୍ର ହୁଏ । ଅକ୍ଷାଳିକା କାନ୍ଥଗୁଡ଼ିକରୁ ସୂକ୍ଷ୍ମ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ମିଳି ଥାଏ ଏହି କାଲସିନେସନ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍  $700^{\circ}-1200^{\circ}\text{C}$  ଉତ୍ତପରେ ଥିବା ଏକ ପାତ୍ରକୁ ପଠାଯାଏ । ଏହି ଅକ୍ସାଇଡ୍ ତରଳ ହିଲି ପାତ୍ରକୁ ଯାଏ ଏବଂ ଏଠାରେ କଠିନ ହେବାପରେ ଏହାକୁ ଛାୟା ଭଣ୍ଡାରକୁ ପଠାଯାଏ ।

### ଫସ୍ ଫେଟ୍ ଗ୍ଲାସ ଫିକସେସନ ପଦ୍ଧତି—

ତରଳ ଅପଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ସହ ଫସ୍ ଫେଟ୍ ଏସିଡ୍ ମିଶାଯାଇ ବାଷ୍ପୀଭୂତ କରାଯାଏ । ଏହି ପଦାର୍ଥକୁ ପ୍ଲାଟିନମ୍-ହୁ ସିବଲରେ  $1000^{\circ}$  ରୁ  $1300^{\circ}\text{C}$  ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତପ ଦିଆଯାଇ ତରଳ ଫସ୍ ଫେଟ୍ ଗ୍ଲାସରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ । ଏହା କଠିନ ହେବାପରେ ଟାଙ୍କିରେ ସାଇତା ଯାଏ ।

### ପଟ୍-କାଲସିନେସନ ଟେକନିକ୍—

ତରଳ ଅପଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥକୁ  $900^{\circ}\text{C}$  ଉତ୍ତପରେ ଥିବା ଏକ ପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଇ ଉତ୍ତପ ପ୍ରୟୋଗ କରାହୁଏ । ଜଳ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହେବା ପରେ ଲବଣ ତଳେ ବସି ରହେ । ଏହିପରି ଥର ଥର ଅପଶିଷ୍ଟ ଦ୍ରବଣକୁ ଡଳାଯାଏ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଜଳ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହେବା ପରେ ଅପଶିଷ୍ଟ ଲବଣ ତଳେ ବସି ରହେ । ବସି ରହୁଥିବା ଲବଣ କଠିନ ଆକାର ଧାରଣ କଲପରେ ଏହି ପାତ୍ରକୁ ସିଲ କରି ବନ୍ଦ କରାଯାଏ ଏବଂ ଟାଙ୍କିରେ ସାଇତାଯାଏ ।

# ପଞ୍ଚମ ଅଧ୍ୟାୟ

## ନିଉକ୍ଲିୟର ମାରଣାସ୍ତ୍ର

### ପରମାଣୁ ବୋମା (Atom Bomb)

ନିୟମ—

ଯଦି କ୍ଷଣିକ ମଧ୍ୟରେ, ଖୁବ୍ କମ୍ ଆୟତନରୁ ବହୁ ପରମାଣୁର ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୁଏ, ତେବେ ଏହାକୁ ବିସ୍ଫୋରଣ କହନ୍ତି । ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବିସ୍ଫୋରଣ ନିମିତ୍ତ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁ ବିଭଜନୀୟ ହେବା ବାସ୍ତବ୍ୟ । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ବୋମାର ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ବିଭଜନୀୟ ହେବା ନିତାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ଦୁଇଟି ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବିଷୟ ହେଲା—

(1) ବିଶୁଦ୍ଧ  $u-235$  ବା  $Pu-239$  ବସ୍ତୁର ଆକୃତି, କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତି ଠାରୁ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ, ଯେପରି ଚେନ୍ ଅଭିନିୟା ଶୁଳ୍କ ରହି ପାରିବ ।

(2) ତାହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା ବିଭଜନ ନିଶ୍ଚୟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ, ଯଦ୍ଵାରା ବିସ୍ଫୋରଣ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ହୋଇ ପାରିବ ।

### ବୋମା ନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ ଇନ୍ଦନ

ସୁରାନିୟମ—

\*

ସୁରାନିୟମର ଦୁଇଗୋଟି ଆଇସୋଟୋପ ଅଛି,  $u-235$  ଓ  $u-238$  । ସୁରାନିୟମ ଧାତୁରେ ପ୍ରଥମ ଆଇସୋଟୋପର ପରମାଣୁ ଦ୍ଵିତୀୟ ଅପେକ୍ଷା ଡେଇଁ କମ୍ । ଅର୍ଥାତ୍ 140 ଭାଗ ସୁରାନିୟମ ଧାତୁରେ ଏକଭାଗ  $u-235$  ଥାଏ । ଏହି  $u-235$  ସହଜରେ ବିଭଜନୀୟ ନୁହେଁ ବୋମା ନିମିତ୍ତ ଏହା ବିଶୁଦ୍ଧ  $u-235$  ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି  $u-235$ କୁ

ପ୍ରମୁକ କରବା ଅବଶ୍ୟକ । ସାଧାରଣ ସୁରକ୍ଷାଧିକାରୀଙ୍କୁ u—235କୁ ପ୍ରଥମ କରି କପରି ସମ୍ପଦ କରାଯାଇ ପାରେ ଯେ ବିଷୟରେ ପ୍ରଥମରୁ ଅଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।

## ପୁରୁଷୋତ୍ତମ—

u—235 ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ଏକ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ପୁରୁଷୋତ୍ତମ ମଧ୍ୟ ଇନ୍ଦ୍ରନିର କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ । ଏହି ମୌଳିକବସ୍ତୁଟି u—238ରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇପାରେ । ଧୀର ନିଉକ୍ଲିୟାସ୍ u—238 ପୁରୁଷୋତ୍ତମରେ କପରି ପରିଣତ ହୁଏ ତାହା ପ୍ରଥମ ଅକ୍ଷାୟରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ହୋଇଛି ।

ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ ବୋମାନ୍ତର ଆନୁମାନ ୩ 60—70 କଲେଗ୍ରାମର ପୁରୁଷୋତ୍ତମ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏତେ ପରିମାଣର ପୁରୁଷୋତ୍ତମ ପାଇବା ଅସମ୍ଭବ ମନେ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ତେଜ ଅଭିଯାନ ଦ୍ଵାରା ଏ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରିବ । ସୁରକ୍ଷାଧିକାରୀ—235 5ର ବିଭଜନ ଦ୍ଵାରା ବିରାଟ ଶକ୍ତିସହ ଉତ୍ପାଦିତ ମୂଳ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଫସଲରୁ ନିଗୁଡ଼ିକୁ ଯଦି ଧୀର କରାଯାଏ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ u—235ରେ ବିଭଜନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି ଓ ଆଉ କେତେକ u—238ରେ ବାଧାପାଇ ପୁରୁଷୋତ୍ତମ ସୃଷ୍ଟି କରାନ୍ତି । ଯଦି ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣର ପୁରୁଷୋତ୍ତମ ବିଭଜନ ଦ୍ଵାରା ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ତେବେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ା ଦ୍ଵାରା ଅଭିଯାନକୁ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ, ନଚେତ୍ ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ଵାରା ବିନାଶ ଘଟିଥାଏ ।

**ଥୋରିୟମ୍ :—**u—235, ପୁରୁଷୋତ୍ତମ ବ୍ୟତୀତ ଥୋରିୟମ ମଧ୍ୟ ପରିମାଣ ବୋମା ଇନ୍ଦ୍ରନିର ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଫ୍ରିଂସରେ ଥୋରିୟମ ବହୁ ପରିମାଣର ମହଜୁଦ ଅଛି । ଥୋରିୟମରେ ଥୋରିୟମ—232 ଆଇସୋଟୋପ୍ ପରିମାଣ ଅଧିକ । ଥୋରିୟମ—232କୁ ଧୀର (Slow) ନିଉକ୍ଲିୟାସ୍ ଆଘାତ କରାଇଲେ ଏହା u—233ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ-ଆୟୁକାଳ ବେଶୀ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ଆଇସୋଟୋପ୍ ପ୍ରାୟ ସ୍ଥାୟୀ । ତେଣୁ ପରିମାଣ ବୋମାର ଇନ୍ଦ୍ରନିରୁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଅମଦେଶର ମୋନାକାଜିଟ୍ ବାଲିରୁ ଅପର୍ଯ୍ୟାପ୍ତ ପରିମାଣର ଥୋରିୟମ ବାହାର କରି ବୋମା ତିଆରି କରାଯାଇପାରିବ ।

ଶୁଭ୍ ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପରେ ଶୁଦ୍ଧ ନିଉକ୍ଲିୟାସ୍ ବାଧାପାତ୍ର ହେଲେ u—238ରେ ମଧ୍ୟ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୋଇପାରେ । u—238 ସାଧାରଣତଃ ପରିମାଣ ବୋମାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ମେଗାଟନ ବୋମାରେ u—238 ଇନ୍ଦ୍ରନିରୁ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଛି ।



କିନ୍ତୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେଲେପରେ ବୋମାର ଆକୃତି ଓ ଏହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତରେ କିନ୍ତୁ କିପରି ଯନ୍ତ୍ର ହୋଇ ରହେ ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ ।  $u-235$  ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ ତେଜ ଅଭିସିଦ୍ଧା ଆରମ୍ଭ ହୋଇ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ଯେ କୌଣସି ଆକୃତିର  $u-235$  ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ତେଜ ଅଭିସିଦ୍ଧା କାମରେ ନାହିଁ । ଯଦି ଖଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ତେଜ ଅଭିସିଦ୍ଧା ଆରମ୍ଭ କରିବାପରେ ବହୁ ଗୁଡ଼ିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିର୍ଗତ ହୋଇ ବାହାରକୁ ଖସି ପଳାନ୍ତି । ତେଣୁ ତେଜ ଅଭିସିଦ୍ଧା ନିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । ଧରଣାଦ୍ୱାରା ଏହା ଛିରି ହୋଇଛି ଯେ  $u-235$  ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମର ଏକ ନିମ୍ନ ଆକୃତି ଆବଶ୍ୟକ, ଯାହା ଭିତରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିବର୍ତ୍ତନ ତେଜ ଅଭିସିଦ୍ଧା କରିବାକୁ ସମର୍ଥ ହେବ ଏବଂ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନେ ବାହାରକୁ ଖସି ପଳାଇବା ସମ୍ଭବ ହେବ ନାହିଁ ।

ମାରଣାସ୍ତ୍ର ପ୍ରସ୍ତୁତ ନିମ୍ନରେ ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ  $u-235$  କିନ୍ତୁ ନିମ୍ନ ଆକୃତି 2 ପାଉଣ୍ଡରୁ ଆରମ୍ଭ କରି 200 ପାଉଣ୍ଡ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବସ୍ତୁର ସାମାନ୍ୟତା ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଅତି ବେଗୀ ହେଲେ ଏହାର ଆକାର 12 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲକ ସଦୃଶ ହୋଇଥାଏ ।

$u-235$  ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ନିମ୍ନରେ ଯେଉଁ ନିମ୍ନ ଆକୃତି ଆବଶ୍ୟକ, ସେହି ଆକୃତିରେ ଏଗୁଡ଼ିକୁ ରଖିବା ନିୟମ ନୁହେଁ । କାରଣ ବେଳେ ବେଳେ ଆକାଶର ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ତେଜ ଅଭିସିଦ୍ଧା ଆରମ୍ଭ କରି ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ଥାଏ । ତେଣୁ ବୋମା ମଧ୍ୟରେ  $u-235$  ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଖଣ୍ଡକୁ ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍ ରଖା ଯାଇଥାଏ । ଏବଂ ଏପରି ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଯେ ବୋମା ନିକ୍ଷେପଣ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହି ଦୁଇଖଣ୍ଡ ଏକତ୍ର ହୋଇ ନିମ୍ନ ଆକୃତିକୁ ଗୁଞ୍ଜିଥାଏ । ତାପରେ ଧୀର (Slow) ନିଉଟ୍ରନ୍ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ଥାଏ ।

କେଉଁ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ମାରଣାସ୍ତ୍ର ନିକ୍ଷେପ କରାଯିବ ତାହା ଜାଣିବା ନିମ୍ନରେ ଏକ ପ୍ରକାର “ଟ୍ରିଗର” (Trigger)ର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଆଶଙ୍କିତ ମାରଣାସ୍ତ୍ରର ଏହି ‘ଟ୍ରିଗର’ ଏପରି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେ ନିମ୍ନନିମ୍ନ ଆକୃତିକୁ ହଠାତ୍ ଅତିନିମ୍ନ (Super Critical) କରେପରି ଏବଂ ବିସ୍ଫୋରଣ ପୂର୍ବ ମୁହୂର୍ତ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହା ନିମ୍ନ ନିମ୍ନ ହୋଇ ରହେ । ଏହି ନିମ୍ନ ସମ୍ଭବତଃ ଦୁଇ ବା ତିନି ପ୍ରକାର ଉପାୟ ଅଛି ଯଦ୍ୱାରା ନିମ୍ନନିମ୍ନ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଏହା ହଠାତ୍ ଅତି ନିମ୍ନ ହୋଇ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ପାରିବ ।



## ବୋମା ଡିଜାଇନ୍ :—

ପୁରୁଷୋତ୍ତମ ବୋମାର ଏକ ଡିଜାଇନ୍ ଚିତ୍ର ପୃଷ୍ଠପୃଷ୍ଠାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଅତିକ୍ରମିକ ବସ୍ତୁକୁ ଦୁଇ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରି ପୃଥକ୍ ପୃଥକ ଭାବେ C ଓ D ରେ ରଖାଯାଇଛି । ଏହି C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର (Solid Cylinder) ପୂର୍ଣ୍ଣପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ରହି ପାରିଲେହୀ ସ୍ଥାନ ଅଛି । ଯେତେବେଳେ B, C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ରହି ସେତେବେଳେ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଅତିକ୍ରମିକ ହୋଇ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଏ । ଏହି ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର Bକୁ C ଓ D ମଧ୍ୟରୁ ବାହାର କରି ନିମ୍ନ ରୂପରେ ସାମୟିକ ଭାବେ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ଦ୍ଵାରା ଧରି ରଖାଯାଏ । ଏହାକୁ ଧରି ରଖିଥାଏ ନିମ୍ନରୂପ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ (Low Pressure Stay) ଉକ୍ତ ଅକ୍ଷୀୟ ରୂପ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ଏହି ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ଦୂର ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ସିଲିଣ୍ଡର B C ଓ D ମଧ୍ୟକୁ ଯାଇ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ପୂରଣ କରିଥାଏ ।

ଯଦି ଏହି ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର ଖୁବ୍ ଧୀରେ ଧୀରେ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟକୁ ଗତି କରେ ତେବେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ପୂର୍ବରୁ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟିବାର ସମ୍ଭାବନା ଖୁବ୍ ଅଧିକ । କାରଣ B, C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ସଫୁର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ରହିବା ପୂର୍ବରୁ ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ଆରମ୍ଭ ହୋଇଯାଏ । ଏହାଦ୍ଵାରା ଇନ୍ଦନର ଆୟତନରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟି ବହୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଖସି ପଳାନ୍ତି ଏବଂ ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ବିଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତିରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ଆରମ୍ଭ ହୋଇ ଶେଷ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଖୁବ୍ କମ୍ ସମୟ ଲାଗିଥାଏ—ପ୍ରାୟ 1 ରୁ 2 ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ । ତେଣୁ ବୋମା ଡିଜାଇନ୍ ନିମ୍ନିତ୍ତ ବହୁ ସମସ୍ୟାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ପଡ଼େ ।

ପ୍ରଥମତଃ ଏହି ଅଳ୍ପ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କିପରି ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର Bକୁ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟକୁ ନିପେକ୍ଷ କରାଯାଇ ପାରେ । ଯଦି ରାସାୟନିକ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟେ ତେବେ ଅତି ଉଚ୍ଚ ପରିବେଶରେ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର ଗତି କରିବା ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରିବ । ସେଥିନିମ୍ନ ଏକ ଧାତବ ପାର୍ଶ୍ଵବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ (Metallic Anti Chamber) ରଖାଯାଇଛି । ଏହି ଅର୍ଦ୍ଧ ଗୋଲକାର ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଉପରି ଭାଗରେ ସମାନ ସମାନ ଦୂରତାରେ ରାସାୟନିକ ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥ ସଜ୍ଜା ହୋଇ ରହିଥାଏ । ଏହି ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥରେ ଏକ ସମୟରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ । ଏହି ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ କାର୍ଯ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ଚୁରୁପ (Electrical Arc) ଦ୍ଵାରା ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରତି ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥ ପୃଥକ ପୃଥକ ଭାବେ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁରୁ ଅଗ୍ନି ଗ୍ରହଣ କରିଥାନ୍ତି । ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗକାରୀ ପରିପଥ ଦ୍ଵୟ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବେ

ସଂଯୁକ୍ତ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣରୁ ଏକ ପରିପଥ କାର୍ଯ୍ୟ ନକରେ, ତେବେ ଅନ୍ୟ ପରିପଥଟି କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

ଏକ ସମୟରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ ଓ ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ଵାରା ପ୍ରତାପ୍ତ ତରଙ୍ଗ (Shock Waves) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର ଆଡ଼କୁ ଗତି କରିଥାନ୍ତି । ସରହ, ପ୍ଲେଞ୍ଜ (Porous Flange) ଦ୍ଵାରା ସମଗୁପ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଗୁପ ଲମ୍ବୁଣାବେ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡରକୁ ଆଘାତ କରିଥାଏ । ଖୁବ୍ କୋରରେ ଆଘାତ ପାଇବାପରେ ନିମ୍ନଗୁପ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ଭଙ୍ଗିଯାଏ ଏବଂ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ଖଣ୍ଡିତ ହୋଇଯାଏ । ଏ ସମସ୍ତ କ୍ରିୟା ମାତ୍ର 2 ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଘଟିଥାଏ ।

ଚେନ୍ ଅଭିଯନ୍ତ୍ର ଆରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ଏକ ଦୁଇ ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣର ନିଉଟ୍ରନ୍ ସୃଷ୍ଟି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ବିସ୍ଫୋରଣ ପୂର୍ବରୁ ବାହାରୁ ଅବାସ୍ଥିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ (Stray Neutron) ଗ୍ରହଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡରର ମୁଖଭାଗ ଏବଂ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡରର ପ୍ରାନ୍ତ ଭାଗରେ  $u-238$ ର ଆବରଣ ଦିଆ ଯାଇଥାଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ଠିକ୍ ସମୟରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ବେରିଲିୟମ୍ ମିଶ୍ରଣ (Beryllium Mixture) ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାରେ । ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡରର ଦ୍ଵିତୀୟାକ୍ଷ ଓ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡରର ପ୍ରଥମାକ୍ଷରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ବେରିଲିୟମ୍ ମିଶ୍ରଣ ଦିଆଯାଇଥାଏ ।

ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡରର ପ୍ରଥମାକ୍ଷ ଓ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡରର ଦ୍ଵିତୀୟାକ୍ଷରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ପ୍ରକାର ମିଶ୍ରଣର ଆବରଣ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଏହା ଖୁବ୍ କୋରରେ ବେରିଲିୟମ୍ ମିଶ୍ରଣ ସହ ଘଟି ହୋଇ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପତ୍ତି କରିଥାଏ । ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର, ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟକୁ ଅଧା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗଲେ ମଧ୍ୟ ଏ ପ୍ରକାର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ଦ୍ଵାରା କୌଣସି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇ ନଥାଏ ।

ଯେତେବେଳେ ଚେନ୍ ଅଭିଯନ୍ତ୍ର କୋର ସ୍ଵାର୍ରେ ବଢ଼ିଗଲେ, ବହୁ ପରିମାଣର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଯଦି ଏହି ଗୋଲକାର ଜଳିନକୁ ଅତି ସାମ୍ରାଜ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁରୁ ନିର୍ମିତ ଗୋଲକାର କବଚ (Shell) ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ ତେବେ ଏହି କବଚରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତିଫଳିତହୋଇ ଫେରିଯାନ୍ତି । ଏ କବଚକୁ ଟାମ୍ପର (Tamper) ବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରତିଫଳକ କହନ୍ତି । ଏହାଦ୍ଵାରା ବୋମାର ଆକାର ଦ୍ରାଘ ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବ୍ୟୟ ମଧ୍ୟ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଟାମ୍ପର ମଧ୍ୟ ଆଉ ଏକ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଏହି ଟାମ୍ପର ବିସ୍ଫୋରଣ ଶକ୍ତିକୁ ଆହୁରି ବଢ଼ାଇ ଦେଇଥାଏ । ବିସ୍ଫୋରଣ ଆରମ୍ଭ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ

ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥର ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ଚାପିଆଡ଼ିକୁ ଛୁଆଡ଼ି ହୋଇ ଚାଲିଯିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଟାମ୍ପର ଏହି ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକୁ ବାହାରକୁ ଯିବାକୁ ଦିଏ ନାହିଁ, ଏବଂ କିଛିକ୍ଷଣ ପାଇଁ ଜଳିନର ସଂପ୍ରସାରଣକୁ ସ୍ଥଗିତ କରିଦିଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ବିଭଜନ ଅବସ୍ଥିତି ଆହୁରି ଖବ୍ ହେବାକୁ ବିସ୍ଫୋରଣର ପ୍ରଚଣ୍ଡତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

ଏହି ଗୋଲକାର ଟାମ୍ପରକୁ ବଳୁଆ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହାର ଚତୁର୍ଥପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏକ ବଳୟାକାର ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଘେରି ରଖିଥାଏ । ଯେପରି ନିଦା ପିଲିଣ୍ଡର B, C ଓ D ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରେ, ଗୋଟିଏ ସରଳ ବଳୟ ଏହି ବଳୟାକାର ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଓ ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରକୋଷ୍ଠକୁ ସଂଯୋଗ କରେ । ତେଣୁ ଟାମ୍ପରରେ ରୂପର ବୃଦ୍ଧି ଘଟେ ଏବଂ ଏହି ରୂପ ଅସ୍ୱୟ (Radially) ଭାବେ ବାଣ୍ଟି ହୋଇଯାଏ । ଇନ୍ଦନ ସଂପ୍ରସାରଣ ଜନିତ ଅସ୍ୱୟ ରୂପ ସହ ଏହି ରୂପ ଭୁଲମୟ ।

ଚନ୍ଦ୍ରରେ ରୂପଗଣ୍ଠି (Pressure Joints) ଦଶାନ୍ତାକୃତି । ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଓ ଟାମ୍ପରର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ଚତୁର୍ଥପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଅସ୍ୱୟ ରୂପ ଅନୁଭବ କରୁଥିବାରୁ ଏହି ଅଂଶଗୁଡ଼ିକୁ ଅର୍ଦ୍ଧ ଗୋଲକାର ଭାବେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରି ପରେ ରୂପ ଗଣ୍ଠି ଦ୍ୱାରା ଯୋଡ଼ାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ରୂପ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ଏହି ଗଣ୍ଠି ଗୁଡ଼ିକରେ ମଧ୍ୟ ରୂପ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

ଯଦି ଉପରୋକ୍ତ ଉପାୟରେ ଏକ ପରମାଣୁ ବୋମା ୫ କିଲୋଗ୍ରାମ Pu-239 ନେଇ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଏ ତେବେ ଏହାର ବିସ୍ଫୋରକ କ୍ଷମତା 20 କିଲୋଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ ହେବ ।

ଏକ କିଲୋଗ୍ରାମ ସୁରାନିୟମ ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାୟ ଶକ୍ତି 20,000 ଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ହିରୋସିମା ଓ ନାଗାସାକୀରେ ବ୍ୟବହୃତ ମେମୋରୀ ବୋମାର ବିସ୍ଫୋରକ କ୍ଷମତା 20 କିଲୋଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ । ଯେଉଁ ବୋମାର ବିସ୍ଫୋରକ କ୍ଷମତା ହଜାର ହଜାର ଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ, ସେଗୁଡ଼ିକୁ କିଲୋଟନ୍ ମାରଣାସ୍ତ୍ର ଏବଂ ଯେଉଁ ବୋମାର ବିସ୍ଫୋରକ ଶକ୍ତି ନିୟୁତ ଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ ତାକୁ ମେଗାଟନ୍ ମାରଣାସ୍ତ୍ର କହନ୍ତି । ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର ବର୍ଣ୍ଣନା କଲବେଳେ କିଲୋଟନ୍, ମେଗାଟନ୍ ଶବ୍ଦ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି କିଲୋଟନ୍ ବା ମେଗାଟନ୍ ବୋମାର ଓଜନକୁ ବୁଝାଇ ନଥାନ୍ତି; ବୋମାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଶକ୍ତି TNTରେ ବୁଝାଇ ଥାନ୍ତି ।

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ସଂଯୋଜନ ଓ ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା

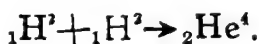
(Nuclear Fusion—The Hydrogen Bomb)

ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାକୁ ଏକ ସଂଯୋଜନ ମାରଣାସ୍ତ୍ର କହନ୍ତି କାରଣ ଏହାର ବିସ୍ଫୋରଣ ହାଲୁକା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନରୁ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମ ପରମାଣୁ ବୋମାର ଅବସ୍ଥାର ପୂର୍ବରୁ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ସଂଯୋଜନ ନିୟମାବଳୀ ଜାଣିଥିଲେ । ବହୁ ପୂର୍ବରୁ ଏହାମଧ୍ୟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୋଇଛି ଯେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଓ ଅନ୍ୟ ନକ୍ଷତ୍ରମାନେ ଯେଉଁ ଆଲୋକ ଓ ତାପ ବିକିରଣ କରନ୍ତି ତାହା ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ହାଲୁକା ଆଣବିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନରୁ ମିଳିଥାଏ ।

କୌଣସି ଫିସ୍ସା ଅଟମ୍ କଣିକାକୁ ହେଲେ ବାହାରୁ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଭିଫିସ୍ସା ନିମିତ୍ତ ମଧ୍ୟ ବାହ୍ୟ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏହି ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପରମାଣୁର ବିଭିନ୍ନ ଅଭିଫିସ୍ସା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । ବିଭିନ୍ନ ନିମିତ୍ତ ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ନିଉଟ୍ରନ ଯୋଗାଇଥାଏ । ହାଲୁକା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନ ନିମିତ୍ତ ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦ୍ୱାରା ସେମାନେ ପରସ୍ପର ସହ ଅତି ବେଗରେ ଘର୍ଷଣ କରିପାରିବେ । ଯଦି ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଶୁଦ୍ଧ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ହୁଅନ୍ତି ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ପୃଷ୍ଠତାନବଳ (Surface Tension) ବହୁତ ବଳିଷ୍ଠ ବଳଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ସଂଯୋଜନ ଅଟମ୍ ହୁଏ । ଦୁଇଟି ସ୍ମୃତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମିଶି ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ହେବାରୁ ପୃଷ୍ଠକ୍ଷେତ୍ରଫଳ (Surface Area) କମି ଅଧିକ ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

### ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ସଂଯୋଜନ:—

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଦୁଇ ଡିୟୁଟେରିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମିଶି କିପରି ଏକ ହିଲିୟମ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି ତାହା ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ ।



ଡିୟୁଟେରିୟମ୍ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଲା 2.01471 amu. ତେଣୁ ଦୁଇଟି ଡିୟୁଟେରିୟମର ବସ୍ତୁତ୍ୱ  $2 \times 2.0174 = 4.02942$  amu.

ହିଲିୟମ୍ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ  $= 4.00388$  amu.

ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ  $= 4.02942 - 4.00388 = 0.02554$  amu. । ଏହି ବସ୍ତୁତ୍ୱ  $0.02554$  amu ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତର ହୁଏ ତେବେ  $0.02554 \times 231 = 24$  Mev ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହେବ ।

ଅର୍ଥାତ୍ ଦୁଇଟି ଉଦ୍‌ଘେଷେୟମ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ସଂଯୋଜନ ଘଟି ଗୋଟିଏ ହିଲିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହେଲେ  $24$  Mev ଶକ୍ତି ଜାତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତି ସଂଯୋଜନ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରତି ବିଭଜନରେ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।  $u-235$  ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାୟ  $200$  Mev ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ଉଦ୍‌ଘେଷେୟମ୍ ଦ୍ରବ୍ୟ ଯୁକ୍ତଗୁଳ୍ମ ବିଶିଷ୍ଟ ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ ବଳିଆ । ଉଦ୍‌ଘେଷେୟମର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ  $r_0 = 1.5 \times 10^{-13}$  cm (approx) । ସଂଯୋଜନ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୋଟିଏ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇପାରିବେ ଯଦି ଦୁଇ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଦୂରତ୍ୱ ଅତି କମ୍‌ରେ  $2 \times 1.5 \times 10^{-13} = 3 \times 10^{-13}$  cm ହେବ ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ରବ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ବିକର୍ଷଣ ଜନିତ ସ୍ଥିତିକ ଶକ୍ତି (Potential Energy)

$$V = \frac{e^2}{2r_0} = \frac{(4.8 \times 10^{-10})^2}{2 \times 1.5 \times 10^{-13}} = 0.77 \times 10^{-6} \text{ erg.}$$

ଏଠାରେ 'e' ପ୍ରତି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଯୁକ୍ତଗୁଳ୍ମ ଅଟେ ।

$1 \text{ Mev} = 1.6 \times 10^{-6} \text{ erg.}$  । ତେଣୁ ସ୍ଥିତିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରାୟ  $481 \text{ Kev.}$  ତେଣୁ ଦୁଇ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଅତି କମ୍‌ରେ  $481 \text{ Kev}$  ଶକ୍ତି ଥିଲେ ସେମାନେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ ବଳକୁ ଅତିକ୍ରମ କରି ପରସ୍ପର ସହ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇପାରିବେ । ଏତେ ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି କେବଳ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ଗରମ କରିବା ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଇ ପାରେ । ଯଦି ଉତ୍ତପ  $T$  ହୁଏ, ତେବେ ଦ୍ରାଘତାର ଗତିକ ଶକ୍ତି  $E = \frac{3}{2} KT$

ଯଦି  $E = 0.77 \times 10^{-6}$  ଅରବ୍ ଡ୍ରଏ ତେବେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉତ୍ସାପ

$$0.77 \times 10^{-6} = \frac{3}{2} \times 1.3804 \times 10^{-16} T$$

$$\text{ଅଥବା } T = 3.72 \times 10^9 \text{ K.}$$

ଏହି ଉତ୍ସାପ ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଉତ୍ସାପ ଅପେକ୍ଷା ମଧ୍ୟ ଅଧିକ ।

ଦୁଇଟି ନିଉକ୍ଲିୟସ ସଂଯୋଜନରୁ ବହୁ ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ସାପ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏହି ତାପ ଶକ୍ତିର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସି ଅନ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ପାଇ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏ ପ୍ରକାର ସଂଯୋଜନରେ ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ଗୁଲେ ଏବଂ ଅନବରତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହେବାପରେ ସଙ୍ଗେ ଅଧିକରୁ ଅଧିକତର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇ-  
ଥାନ୍ତି । ବିଭଜନରେ ଅଂଶଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା କଣିକା (ନିଉଟ୍ରନ୍) ଉପରେ ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ନିଭରକଣିଆଏ । ତେଣୁ ବିଭଜନ ଅଭିଫିୟାକୁ କଣିକା ଚେନ୍ କହନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସଂଯୋଜନ ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ତାପ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି କୌଣସି ପ୍ରକାର କେତେଗୁଡ଼ିଏ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବାହ୍ୟ ଶକ୍ତି ପାଇ ସଂଯୋଜିତ ହେଲେ ତେବେ ଏହି ସଂଯୋଜନରୁ ହିଁ ବହୁ ତାପମ୍ନୁ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ଚେନ୍ ଅଭିଫିୟା ଆଗେଇ ଗୁଲେ । ଏହାକୁ ତାପୀୟ ଚେନ୍ “Thermal Chain” କହନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଏହା କଣିକା ଚେନ୍ (Particle Chain) ଭଳି ନୁହେଁ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ସଂଯୋଜନ ଅଭିଫିୟାକୁ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଫିୟା ଓ ସଂଯୋଜନ ମାରଣାସ୍ତ୍ରକୁ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର କହନ୍ତି ।

ସୂର୍ଯ୍ୟ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ତାପ ପ୍ରାୟ 15 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ । ଆଉ କେତେକ ନକ୍ଷତ୍ରର ଉତ୍ସାପ ମଧ୍ୟ ଏହାଠାରୁ ଅଧିକ । ଏହି ବିରାଟ ଉତ୍ସାପ ମଧ୍ୟରେ ସୂର୍ଯ୍ୟର ସଂଯୋଜନ ଅଭିଫିୟା ହୋଇଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଫିୟା ଅତି ନିଚିଳ ଏବଂ ଅବବରତ ଉଦ୍‌ଜାନ ପରମାଣୁ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନରୁ ହିଲିୟମ୍ ନିୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଡିୟୁଟେରିୟମ୍ ମଧ୍ୟ ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ଉଦ୍‌ଜାନର ଅନ୍ୟ ଏକ ଆଇସୋଟୋପ ଟ୍ରାଜିଟିୟମ୍ । ଏହି ଟ୍ରାଜିଟିୟମ୍‌କୁ ବ୍ୟବହାର କରି ମଧ୍ୟ ସଫଳ ଅଭିଫିୟା କରି ହେବ । ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନ ଓ ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅଛନ୍ତି ଏବଂ ଅସ୍ଥୁଳାଳ ମଧ୍ୟ ଅଧିକ । ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ଉତ୍ସାପରେ ଡିୟୁଟେରିୟମ୍ ଅପେକ୍ଷା ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଫିୟା କରି ବହୁ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରାଯାଏ । 10-20 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ଗୁଡ଼ିଏ ସଂଯୋଜନ ଅଭିଫିୟା ପରପୃଷ୍ଠାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।



## ସାରଣୀ-୭

# ଉଦ୍‌ଜାନ ଓ ଏହାର ଆଇସୋଟୋପ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା

(Fusion Reactions of Hydrogen and its Isotopes)

ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା (Fusion Reaction)	ମୁକ୍ତଶକ୍ତି Mev (Energy released)	ଅଭିକ୍ରିୟା ସମୟ 10-20 କروଡ଼ ଡିଗ୍ରି ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ (Reaction time 10 to 20 millions degree centigrade)
$H^1 + H^1 \rightarrow H^2 + e$	1.4	$10^{11}$ ବର୍ଷ
$H^2 + H^1 \rightarrow H_e^3 + h\gamma$	5	0.5 ସେକେଣ୍ଡ
$H^3 + H^1 \rightarrow H_e^4 + h\gamma$	20	0.05 ,,
$H^2 + H^2 \rightarrow H_e^3 + n$	3.2	0.00003 ,,
$H^2 + H^2 \rightarrow H^3 + H^1$	4	0.00003 ,,
$H^3 + H^2 \rightarrow H_e^4 + n$	17	0.000001 ,,

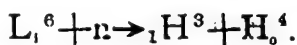
ଏଠାରେ

 $H^1$  = ସାଧାରଣ ଉଦ୍‌ଜାନ, $H^2$  = ଡିୟୁଟେରିୟମ୍, $H^3$  = ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍, $H_e^3$  = ହିଲିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍, $H_e^4$  = ,, ,, $h\gamma$  = ଫୋଟନ୍ ଶକ୍ତି, $e$  = ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍, $n$  = ନିଉଟ୍ରନ୍,

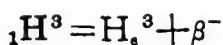
ଏହି ସାରଣୀରୁ ଏହା ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ଶୁଦ୍ଧ ଉଦ୍‌ଜାନ ଅଭିକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ହୋଇଥାନ୍ତି । ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍-ଡିୟୁଟେରିୟମ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା କେବଳ ଯେ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇଥାଏ ତାହା ନୁହେଁ ଏହା ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ କମ୍ ସମୟ ନେଇଥାଏ । ଏକଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ବସ୍ତୁର ସାମ୍ରାଜ୍ୟ ଯେତେ ଅଧିକ ହୁଏ, ଅଭିକ୍ରିୟା ସେତେକ କମ୍ ସମୟ

ନେଇଥାଏ । ତେଣୁ ସଂଯୋଜନ ବିଶ୍ଳେଷଣ ନିମିତ୍ତ ବସ୍ତୁକୁ ଯେତେଦୂର ସମ୍ଭବ ଗୁପ୍ତ ଦେଇ ସଂକ୍ରାନ୍ତ କରାଯାଏ ଏବଂ ତାପରେ ଯେତେ ଅଧିକ ସମ୍ଭବ ତାପ ଯୋଗାଇ ଉଦ୍‌ଘାତ କରାଯାଏ ।

ପ୍ରକୃତରେ ଡୟୁଟେରିୟମ ମିଳେ; 500 ସାଧାରଣ ଉଦ୍‌ଜାନ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ । ଜଳର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଦ୍ଵାରା ଏହା ମଧ୍ୟ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଟ୍ରାଞ୍ଜିୟମ୍ ଉଦ୍‌-ଜାନର ଏକ କୃତ୍ରିମ ଆଇସୋଟୋପ୍ । ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଲିଥିୟମ୍, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ଟ୍ରାଞ୍ଜିୟମ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।



ଏହା ତେଜସ୍ଵୀ ଅଟେ ଏବଂ ଖୁବ୍ ଧୀରେ ଧୀରେ ହିଲିୟମ୍-3ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ହିଲିୟମ୍-3ର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 12 ବର୍ଷ ଅଟେ ।



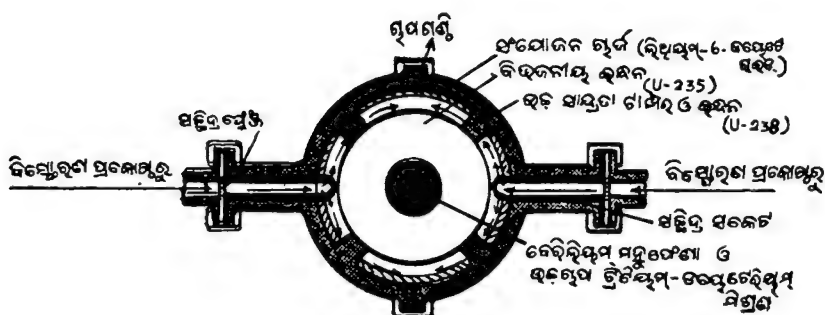
ନିଉକ୍ଲିୟାର ଗିଆଲ୍‌ବରେ ଯେଉଁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ତେଜ ଅଭିସିଦ୍ଧାରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରି ନ ଥାନ୍ତି ସେମାନେ ସାଧାରଣତଃ  $u-238$ ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସେମାନେ ମଧ୍ୟ ଟ୍ରାଞ୍ଜିୟମ୍‌ର ପ୍ରସ୍ତୁତରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିପାରନ୍ତି । ତେଣୁ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଗିଆଲ୍‌ବରୁ ପରମାଣୁ ବୋମା ଓ ଉଦ୍‌ଜାନ ନିମିତ୍ତ ଇନ୍ଦନ ପ୍ରାପ୍ତି ହୋଇପାରେ ।

ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାରେ ଡୟୁଟେରିୟମ୍, ଟ୍ରାଞ୍ଜିୟମ୍, ଲିଥିୟମ୍ କୌଣସି କୌଣସି ପ୍ରକାରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ପ୍ରାକୃତିକ ଲିଥିୟମ୍‌ରେ  $L_i^6$  ଓ  $L_i^7$  ନାମକ ଦୁଇଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ଅଛନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନେ ସଂଯୋଜନ ଅଭିସିଦ୍ଧାରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ରୂପେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିଥାନ୍ତି । ଲିଥିୟମ୍-6 ଓ ଡୟୁଟେରିୟମ୍‌ରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ଯୌଗିକ ପଦାର୍ଥ “ଲିଥିୟମ୍-6-ଡୟୁଟେରିୟମ୍” ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା ଇନ୍ଦନ ନିମିତ୍ତ ସର୍ବୋତ୍କୃଷ୍ଟ ଯଦୃଢ଼ ଲିଥିୟମ୍ ଟ୍ରାଞ୍ଜିୟମ୍ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଲିଥିୟମ୍-6 ଓ ଡୟୁଟେରିୟମ୍ ମିଶ୍ରି ହିଲିୟମ୍ ଦୁଇ ପରମାଣୁରେ ପରିଣତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବହୁ ପରମାଣୁର ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ କରାଯାନ୍ତି ।

କିନ୍ତୁ ସଂଯୋଜନ ତେଜ ଅଭିସିଦ୍ଧା ଆରମ୍ଭ କରିବା ବଡ଼ କଠିନ ବ୍ୟାପାର । କାରଣ ଏହା 10-20 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ଉତ୍ତପ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ କରେ । ପରମାଣୁ ବୋମା

ବିସ୍ଫୋରଣ ପୂର୍ବରୁ ବୌଦ୍ଧିଜନକମାନେ ଆଉ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଉପାୟରେ ଏତେ ଉତ୍ତପ୍ତ ହେ ପୃଷ୍ଠି ହୋଇପାରେ ତାହା କାଣି ନ ଥିଲେ । ପରମାଣୁ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ଵାରା ଏତେ ଉତ୍ତପ୍ତ ମିଳିଲା, ଯାହାକି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ଆଗରୁ କେବେ ଦେଖା ନଥିଲା । ତେଣୁ ସଂଯୋଜନ ଚେନ ଅଭିସିଦ୍ଧା ଆରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ସମ୍ଭବପର ଉପାୟ ହେଲା ପରମାଣୁ ବୋମା ଫୁଟାଇ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉତ୍ତପ୍ତ ପାଇବା ।

ଉଦ୍ଘୋଜନ ବୋମା ଡିଜାଇନ୍ : —



(ଚିତ୍ର ନଂ-42)

ବିଭଜନୀୟ କ୍ଷେତ୍ର U-235କୁ ନିଜା ଗୋଲକ ଭଳି ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ବସ୍ତୁର ସାମାନ୍ୟତାକୁ କମ୍ କରାଯାଇ ଏହାର ଆକୃତିକୁ ନିମ୍ନ-ଚାନ୍ଦ୍ରୀକ ଅବସ୍ଥାରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ବିଭଜନ ବସ୍ତୁର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଆଉ ଏକ ଗୋଲକାର ଆକୃତିରେ ବେରିଲିୟମ୍ ଓ ଏହାର ଯୌଗିକ ପଦାର୍ଥ ମିଶି ଥାଏ ଏବଂ ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ବେରିଲିୟମ୍ ଫୋଡ଼ ଏକ ମହୁ ଫେଣା ସଦୃଶ ଏବଂ ଏହାର ଛିଦ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଉଚ୍ଚ ଗୁପ୍ତରେ ଡିସ୍ପେନ୍ସେଟୋରୀୟମ୍ ଓ ଟ୍ରାନ୍ସିୟୁରାନ୍ସମେନ୍ସମ ଦ୍ଵାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଏବଂ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଏହାର ଚତୁର୍ଥ-ପାଶ୍ଵରେ ଦେଖି ରହିଥାଏ । ଏହି ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଚତୁର୍ଥ-ପାଶ୍ଵରେ ମଧ୍ୟ ଲିଥିୟମ୍-6-ଡିସ୍ପେନ୍ସେଟୋରୀୟମ୍ ଗୋଲକାର କବଚ (Shell) ଦେଖି ରହିଥାଏ । ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଓ ଏହି କବଚ ମଧ୍ୟରେ ବଳୟାକାର ସ୍ଥାନ ରହିଥାଏ । ଲିଥିୟମ୍ ଯୌଗିକର ଏହି କବଚ ଚତୁର୍ଥ-ପାଶ୍ଵରେ U-238ର ଆଉ ଏକ ଗୋଲକାର କବଚ ଦେଖି ରହିଥାଏ । ଏହି ଦୁଇ କବଚ ଯୋଗେ ବସ୍ତୁରୁ ନିମ୍ନିତ୍ତ, ତାହାର ସାମାନ୍ୟତା ଯେତେ ଦୂର ସମ୍ଭବ ଅଧିକ କରାଯାଇଥାଏ ସେହିପରି ଏମାନେ ଟାଣିର (ପ୍ରତିଫଳନ) ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ ।

ପରମାଣୁ ବୋମା ସଦୃଶ ଏଠାରେ ଲାସାର୍‌ସ୍‌ର ବ୍ୟବହାର ମଧ୍ୟ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏଠାରେ ଲାସାର୍‌ସ୍‌ର ବ୍ୟବହାର ବସ୍ତୁକୁ ସଂକ୍ରାନ୍ତ କରିବା । ବଳୟାକାର ସ୍ଥାନର ସଂକୋଚନ ଦ୍ୱାରା ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁ ପ୍ରାୟ ଦୁଇ ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଅତିବାହିତ ଆକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁକୁ ସଂକୋଚିତ କରି ଓକ୍‌ଜେଟ୍‌ରେ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ଦୁଇଟି ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରକୋଷ୍ଟ ଆବଶ୍ୟକ ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଲାସାର୍‌ସ୍‌ର ବ୍ୟବହାର ରଖାଯାଇ ଏକ ସମୟରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ । ସ୍ପୋଡ୍‌ଜେଟ୍‌ (Porous Nozzle) ପ୍ରକାଶ ତରଙ୍ଗକୁ ସମାନ ଭାବେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗକୁ ପଠାଯାଇଥାଏ ।

ସଂକ୍ରାନ୍ତ ଅତିବାହିତ ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁ ଏହା ଅନ୍ୟନ୍ତରରେ ଥିବା ବେରିଲିୟମ୍‌କୁ ମଧ୍ୟ ସଂକ୍ରାନ୍ତ କରାଇଥାଏ । 10 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍‌ରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଯେପରି ବଢ଼ିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ, ମହାଫେଣା ସଦୃଶ ଆକୃତି ମଧ୍ୟରେ ତତ୍ତ୍ୱେକେଶ୍ୱରୀୟମ୍‌ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍‌ ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୋଜନ ଅଭିସ୍‌ୟା ମଧ୍ୟ ସେହି ଅନୁପାତରେ ବଢ଼ିଗଲେ ଏବଂ ବହୁ ପରମାଣୁରେ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଉତ୍ତପର ବୃଦ୍ଧି ଫଳରେ ଲିଥିୟମ୍‌-6-ତତ୍ତ୍ୱେକେଶ୍ୱରୀୟମ୍‌ରେ ମଧ୍ୟ ସଂଯୋଜନ ତେଜ ଅଭିସ୍‌ୟା ଆରମ୍ଭ ହୁଏ । ଏଥିରୁ ନିର୍ଗତ ଶକ୍ତି ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ 1.1 Mev ଶକ୍ତି ସହ  $u-238$ ର ବାହ୍ୟ ଗୋଲକରେ ବିଭଜନ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି । ଯଦି ଗୋଲକ ପ୍ରାୟ 2.5 ସେ.ମି ମୋଟା ହୋଇଥାଏ ତେବେ ପ୍ରାୟ ଶକ୍ତିକ୍ରାନ୍ତ 10 ନିଉଟ୍ରନ୍‌ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ବିଭଜନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି । ବିଭଜନ ଆବରଣ ଅତି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ, କାରଣ ପ୍ରତି ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାୟ 200 Mev ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସଂଯୋଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଶକ୍ତି ଏହାର 20-50 ଭାଗରୁ ଏକ ଭାଗ । ଉଦଜାନ ବୋମାରେ ସଂଯୋଜନ ଅପେକ୍ଷା ବିଭଜନ ଅଧିକ ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

## ଲେଜର ଟିଗର ଉଦଜାନ ବୋମା (L T H—Bomb)

ଉଦଜାନ ବୋମା ତିଆରି ନିମିତ୍ତ ବିଭିନ୍ନ ବୋମାର ଆବଶ୍ୟକତା ବହୁଳ ପରମାଣୁରେ ଉପଲବ୍ଧ କରାଯାଉଥିଲା । କାରଣ ଉଦଜାନ ବୋମା ବ୍ୟବହାର ନିମିତ୍ତ, ବିଭଜନ ବୋମାର (Fission Bomb) ବ୍ୟବହାର ପ୍ରଥମେ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହା ଅତି ବ୍ୟୟ ହାସେଲ । ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ବିଭଜନ ବୋମା ବ୍ୟତୀତ କିପରି ଉଦଜାନ ବୋମା ତିଆରି କରିପାରିବେ, ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଅଭିନବ ଉପାୟ ଉଦ୍ଭାବନ କରିଛନ୍ତି । ବର୍ତ୍ତମାନ ଲେଜର (Laser) ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇଛି ।

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ଇଂରାଜୀ ଶବ୍ଦ ଗୁଡ଼ିକର ମୂଳ ଅକ୍ଷର ନେଇ Laser ଶବ୍ଦଟି ଗଠିତ ।

ପ୍ରାଧାରଣ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରେ ଗତି କରିଥାଏ । ଉତ୍ତଳ ଯବକାଚ (Convex Lens) ବ୍ୟବହାର କଲେ ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ଫୋକସ୍‌ରେ ମିଳିତ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ରଶ୍ମିର ଖବୁଡ଼ା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ତଥାପି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ କୋଣରେ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଆନତ । ଯଦି କୌଣସି ପ୍ରକାର ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ସହ ସମାନ୍ତରାଳ କରି ହୁଅନ୍ତା ତେବେ ଏକ ସରୁ ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ମଧ୍ୟରେ ସେମାନଙ୍କ ଖବୁଡ଼ା ବୃଦ୍ଧି କରି ହୁଅନ୍ତା । ଏହି ଖବୁଡ଼ା ବୃଦ୍ଧି ସହ ଶକ୍ତି ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଏବଂ ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ଯାହା ଉପରେ ପଡ଼େ ତାହାର ଉତ୍ତପରେ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ । ଯଦି ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ସଂଯୋଜନ ପଦାର୍ଥ (Fusion Charge) ଉପରେ ପଡ଼େ ତେବେ ଏହାର ଉତ୍ତପରେ 700 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରୀରେ ହେଲେ ସହ ସମାନ ହୋଇପାରେ । ଏହି ଉତ୍ତପ ସଂଯୋଜନ ଅଭିଯୋଗ ଟ୍ରିଗର ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ । ଏହି ଲେଜର ଟ୍ରିଗର ବ୍ୟବହାର କରି ଯେଉଁ ଉଦଜାନ ବୋମା ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୁଏ ତାହାକୁ Laser Triggered Hydrogen Bomb (LTH-Bomb) କହନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଲେଜର ରଶ୍ମି ନିମିତ୍ତ ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ଉପକରଣ ଆବଶ୍ୟକ । ରାସାୟନିକ ଲେଜର ବ୍ୟବହାର ଯଦି ସମ୍ଭବ ହୁଏ ତେବେ ଯେ କୌଣସି ଦେଶରେ ଉଦଜାନ ବୋମା ତିଆରି ହୋଇପାରିବ, କାରଣ ଏଥି ନିମିତ୍ତ କେବଳ ଉଦଜାନ ଓ ଲିଥୟମ୍ ଆଇ-ସୋଟୋପ ଓ ଅଳ୍ପ କିଛି ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ ଆବଶ୍ୟକ ଯାହାକି ଶସ୍ତାରେ ମିଳି ପାରିବ ।

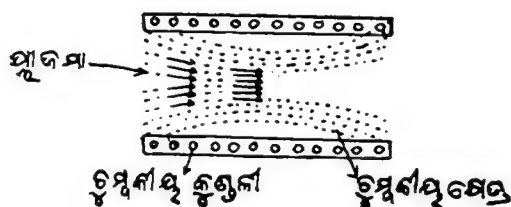
## ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ସଂଯୋଜନ ପଦ୍ଧତି (The Controlled Fusion Process)

ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଯୋଗ ଯଦି ଅନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୁଏ, ତେବେ ତାହା ବୋମାଭଳି ବିସ୍ଫୋରଣ ସୃଷ୍ଟିକରିଥାଏ । ତେଣୁ ଏହି ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଯୋଗକୁ କିପରି ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରି ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରିବ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଅଲୋଚନା ବିଷୟ ।

## ପିନ୍ଚ ପ୍ରଭାବ (The Pinch Effect) :—

ଏକ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ତଥ୍‌ସ୍ପେଟ୍‌ରୟମ୍‌କୁ ପ୍ଲାଜମା ଭଳି ରଖି ଏହା ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବ ପକାଯାଏ । ଏହି ନଳୀ ଚତୁଃପାଶ୍ଵରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଭାବରେ ପ୍ଲାଜମା ସଂକୁଚିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ସଂକୋଚନ ଦ୍ଵାରା ପ୍ଲାଜମା, ନଳୀର ଅକ୍ଷ ସହ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବେ ଗୋଟିଏ ସରୁ ଜେଟ୍‌ ରୂପରେ ରହିଥାଏ । ଫଳରେ ନଳୀର ଠିକ ମଧ୍ୟ ଭାଗରେ ଉତ୍ତପର ମାତ୍ରା ପ୍ରାୟ କେତେ ଲକ୍ଷ ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍‌କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ, ଏହି

ଉତ୍ତପନ୍ନ ଉପଯୋଗ କରି ତତ୍ତ୍ୱେକ୍ଷେତ୍ରସ୍ତମରେ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଫିୟା କରାଯାଇ ପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-43)

## ଲେଜର ଦ୍ୱାରା ନିଉକ୍ଲିୟସର ସଂଯୋଜନ (Nuclear Fusion With Laser)

ତତ୍ତ୍ୱେକ୍ଷେତ୍ରସ୍ତମ ଓ ଟ୍ରାଜିଟ୍ରନ୍‌ରେ ସ୍ପଷ୍ଟଭାବେ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଫିୟା ନିମ୍ନେ ଦୁଇ ଗୋଟି ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବିଷୟ ହେଲା ।

(1) ପ୍ଲାଜମା 50ରୁ 500 ନୟୁତ ଡିଗ୍ରୀ ଉତ୍ତପରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ ଯେପରି ବହୁ ସମୟ ରହିପାରିବ ।

(2) ଲସନ (Lawson) ନୟମ ଅନୁସାରେ ଏହା ଦ୍ୱାରା ସମୟ ଧରି ରହି ପାରିବ ।

ଲସନ ନୟମ ହେଲା—ଯଦି କଣିକା ସାନ୍ଦ୍ରତା  $n$  ଓ ପ୍ଲାଜମା ଆୟତ୍ତ (t) ହୁଏ ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ଗୁଣଫଳ  $n \times t$ ,  $10^{14}$  ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କାରଣ ଉତ୍ତପ୍ନ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି, ପ୍ଲାଜମାରେ ଅଭିଫିୟା ଆରମ୍ଭ ଓ ଗୁଲୁ ରଖିବା ନିମ୍ନେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଶକ୍ତିଠାରୁ ଅଧିକ ହେବା ଉଚିତ । ପ୍ଲାଜମାରେ କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯେତେ ବେଶୀ, ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ସହ ଛିଫିୟା କରି ସଂଯୋଜିତ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ସେତେ ଅଧିକ । ପ୍ଲାଜମା ଯେତେ ଅଧିକ ସମୟ ଧରି ରହି ସେହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କଣିକା ଆୟନ ସହ ମିଶି ଛିଫିୟା କରିପାରେ ।

## ଲେଜରର ତାପ ପ୍ରଭାବ (Heating Effect of Laser) :—

ଲେଜର କରଣରୁ ଗଠିତ ପ୍ଲାଜମାକୁ ଆଘାତ କଲେ, ପ୍ଲାଜମାରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକର ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଦୋଳନ (Oscillation) ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଆୟୁନମାନଙ୍କ ଦର୍ଶନରୁ ତାପ ଶକ୍ତି ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଉତ୍ତମ ତାପପ୍ରଭାବ ନିମ୍ନିତ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଓ ଆୟୁନମାନଙ୍କ ଉପସ୍ଥିତି ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ଲାଜମାରେ ଥିବା ଆୟୁନ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ଏଥିରେ ଅବଶୋଷିତ ଶକ୍ତି  $N^2$ ର ସମାନୁପାତ । ଏଠାରେ  $N$ , ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବା ଆୟୁନ ସଂଖ୍ୟାକୁ ବୁଝାଏ । ହିସାବରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ପ୍ରଭାବ ଲେଜର ଶକ୍ତି ନିମ୍ନିତ୍ତ  $N=10^{21}$  କର୍ଣ୍ଣିକା / (ସେ.ମି.)<sup>3</sup> ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି କର୍ଣ୍ଣିକା ସଂଖ୍ୟା, କଠିନ ଉତ୍ସର କର୍ଣ୍ଣିକା ସଂଖ୍ୟା ବା ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହ ସମାନ ।

## କଠିନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ (Solid Targets)

ଲେଜର ଦ୍ଵାରା ତାପ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହେଲେ ପ୍ରଥମ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପଦାର୍ଥ ହେଲା କଠିନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ । ଜମାଟ ବାନ୍ଧିଥିବା ଡିସ୍କ୍ରେଟ୍‌ରେସ୍ ବା ଡିସ୍କ୍ରେଟ୍‌ରେସ୍ ଓ ଟ୍ରାଜିଟ୍‌ରେସ୍ ମିଶ୍ରଣ ବା ସେମାନଙ୍କର ସ୍ଥାୟୀ ରସାୟନିକ ଯୌଗିକ ଆଦର୍ଶ ଉତ୍ସ ହୋଇପାରନ୍ତି । ଖୁବ୍ ଶକ୍ତିଶାଳୀ କ୍ଷୁଦ୍ର ଲେଜର ପଲ୍ସ (Pulse) ଏହି କଠିନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ପତଳା ପ୍ରସ୍ତରେ ଉତ୍ତପ୍ତ ବୃଦ୍ଧି କରି ଏହାକୁ ପ୍ଲାଜମାରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହା ଦ୍ଵାରା ଆଉ ଏକ ସମସ୍ୟାର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତପ୍ତ ଓ ପ୍ଲାଜମା ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅଧିକ ହେତୁ  $n \times t = 10^{14}$  ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ପ୍ଲାଜମାରେ ଉଚ୍ଚରୂପ ହେତୁ ବିଘଟନ ଘଟିଥାଏ । ସୁତରାଂ ଲେଜର ଦ୍ଵାରା ପ୍ଲାଜମାକୁ ଉତ୍ପତ୍ତି କଲେ ଏହା ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ବିସ୍ଫୋରଣରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଇଛି ଯଦି ପ୍ରାଥମିକ ଆୟତନ ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ପ୍ଲାଜମାର ଆୟୁକାଳ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇପାରେ । ଲେଜର କରଣରୁ ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତପ୍ତରେ ପ୍ଲାଜମାର ଖୁବ୍ ଗଭୀରତାକୁ ପ୍ରବେଶ କରିପାରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ପୃଷ୍ଠରେ ଯେଉଁ ତାପଗତି ଜାତ ହୁଏ ତାହା ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା ଅତ୍ୟନ୍ତରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଉତ୍ତପ୍ତ ପ୍ଲାଜମାର ଆୟତନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ପ୍ରବେଶ କରିବା କ୍ଷମତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ହୁପାବରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଉତ୍ତପ୍ତ ପ୍ଲାଜମାର ସୃଷ୍ଟି ନିମିତ୍ତ  $5 \times 10^{22}$  କଣିକା/(ସେ.ମି)<sup>3</sup> ଥାଇ ନିମାତ ବାନ୍ଧିଥିବା ଡାୟୋକ୍ସିଡ଼ିୟମ୍ ବା ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ମିଶ୍ରଣ, କଠିନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ ଭାବେ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟକୁ ଶୂନ୍ୟ ସ୍ୱକୋଷ (Vacuum Chamber) ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ । ଲେଜର ଶକ୍ତି ଏକ ଘନ ମିଲିମିଟର ଆୟତନକୁ 100 ନୟୁଟ୍ରନ୍ ଡିଗ୍ରୀ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତପ୍ତ ଦେଇଥାଏ ଏବଂ ଲେଜର ପଲ୍ସ ଶକ୍ତି 160 କଲ୍ ଅଟେ ।

## ଲେଜର ପରିଚାଳିତ ସଂଯୋଜନ ପାଞ୍ଜିର ପ୍ଲାଣ୍ଟ

(Laser Initiated Fusion Power Plants)

ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର ଓକଲିଜ କାଗାସ୍ ପରୀକ୍ଷାଗାରର ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ପ୍ଲାଜମାକୁ ଲେଜର ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ତପ୍ତ କରିବା ପଦ୍ଧତିରେ କେତେକ ଉନ୍ନତ କରିଛନ୍ତି ।

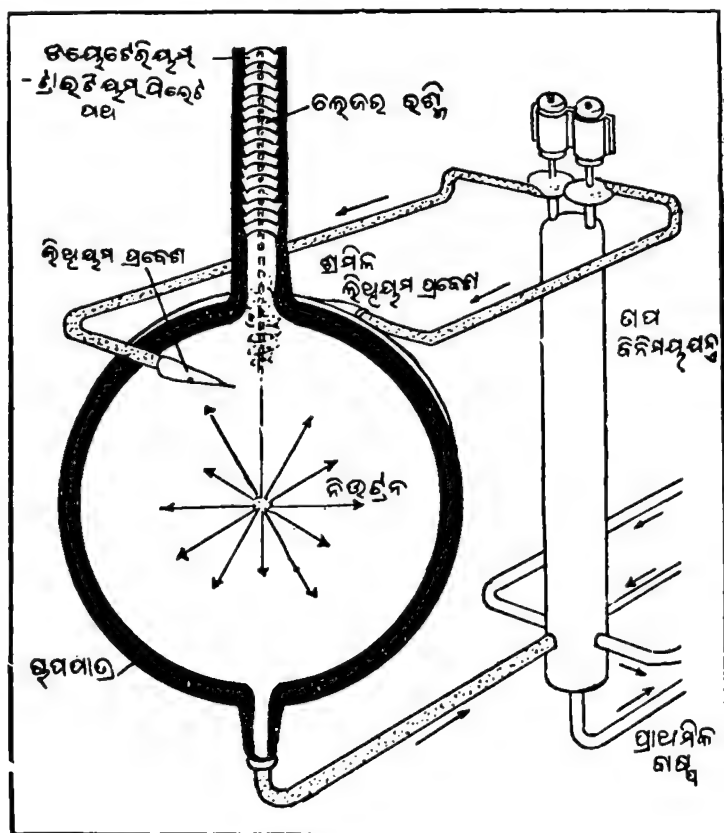
ଡାୟୋକ୍ସିଡ଼ିୟମ୍ ଓ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ଗୁଳା (Pellet)ରୁ ଲେଜର ଜ୍ୱଳନ ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ସଂଯୋଜନ ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ତାହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ କରାଯାଇପାରେ । ପ୍ରଥମେ ସଂଯୋଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଶକ୍ତି ଲିଥିୟମ୍ କୁଣ୍ଡ (Pool)ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୁଏ । ତାହା ପରେ ଏହି କୁଣ୍ଡରୁ ତାପ ଶକ୍ତି ତାପ ଗତିକ ଚକ୍ର (Thermodynamic Cycle) କୁ ଦିଆଯାଇଥାଏ ।

ଲିଥିୟମ୍ କୁଣ୍ଡ 10-15 ଫୁଟ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲକାର ଗୁପ୍ତ ପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଲିଥିୟମ୍ କୁଣ୍ଡ ଅତି ପରିବେଶ ସହ ଘୂରୁ ଯିବାରୁ ଉଦ୍ଭିଦ ଅକ୍ଷ (Verticalaxis) ଚକ୍ଷୁପାଶ୍ୱରେ ମୁକ୍ତ ଭ୍ରମିଳ (Free Vortex) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଘୂରୁଥିବାର ପରିବେଶକୁ ଏପରି ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରାଯାଏ, ଯଦ୍ୱାରା କେନ୍ଦ୍ରରେ ଏକ ଗୁହ୍ୟ (Cavity) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଗୁହ୍ୟର ବ୍ୟାସ 5 ସେ.ମି । ଏହି ଗୁହ୍ୟ ପାତ୍ରର ଉପରୁ ଅରମ୍ଭ କରି ମଧ୍ୟ ସମତଳ (Midplane) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତୃତ ।

ନିମାତ ବାନ୍ଧିଥିବା ଡାୟୋକ୍ସିଡ଼ିୟମ୍-ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ଗୁଳା ଭ୍ରମିଳ ଗୁହ୍ୟ (Vortex Cavity) ମଧ୍ୟକୁ ଛତାଯାଏ ଏବଂ ମଧ୍ୟ ସମତଳରେ ପହଞ୍ଚିବା ଦିନେ ସଙ୍ଗେ ଲେଜର ପଲ୍ସ ଦ୍ୱାରା ଏଥିରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ । ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ତାପ ରୂପରେ ଲିଥିୟମ୍ରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ, ତାହାର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଗୁପ୍ତପାତ୍ର ନିମ୍ନରୁ ଲିଥିୟମ୍ କୁ ବାହାର କରିବା ଦ୍ୱାରା



ହୋଇଥାଏ । ବହୁଗତ ଲିଥିୟମ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଗତି କରି ପୁନର୍ବାର ଅପକେନ୍ଦ୍ରୀ ପଟ୍ଟ ମଧ୍ୟଦେଇ ସ୍ପର୍ଶ ରେଖୀୟ ଚଂଚୁ (Tangential Nozzle)କୁ ଫେରିଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଭୂମିଳ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-44)

ପ୍ରତି 10 ସେକେଣ୍ଡ ଅନ୍ତରରେ ଲେନର ଦ୍ୱାରା ଗୁଳାଗୁଡ଼ିକରେ କ୍ଷୁଦ୍ର ବିସ୍ଫୋରଣ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା 200 Mw ତାପୀୟ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରାଯାଇପାରେ । ଏପରି ବିସ୍ଫୋରଣ ଜନିତ ତରଙ୍ଗ ଯଦି ଗଳିତ (Molten) ଲିଥିୟମ ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ନ ହୁଏ, ତେବେ ଶିଆଳ୍ଟର ସଂରଚନା (Structure) ଉପରେ ଆଘାତ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇପାରେ । ସେଥିନିମ୍ନ ସୂକ୍ଷ୍ମ ବାୟୁ ବୁଦ୍ଧ ବୁଦ୍ଧ (Air Bubbles) ଗୁଡ଼ିକ ଏହି

ଲେଖିତ ଲିଖ୍ୟମ୍ ମଧ୍ୟକୁ ଛାଡ଼ି ଦିଆଯାଏ । କମ୍ପାନୀ ତରଫରୁ ଶୁଦ୍ଧ ଏହା ଦ୍ଵାରା ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏଥିରେ ବିକିରଣ ଶକ୍ତି ଶୁଦ୍ଧ କରାଯାଏ ।

## ଉତ୍କଳ ବୋମାଠାରୁ ଆହୁରି ବଳଶାଳୀ ବୋମା

ବୋମାଗୁଡ଼ିକ ସାଧାରଣତଃ ତିନି ପ୍ରକାରର—

- (1) ବିଭଜନ,
- (2) ବିଭଜନ ସଂଯୋଜନ,
- (3) ବିଭଜନ-ସଂଯୋଜନ-ବିଭଜନ ।

ସୁରାନ୍ତର ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀର ଓ ଉତ୍କଳ ବୋମା ଦ୍ଵିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀର । ତୃତୀୟ ଶ୍ରେଣୀର ବୋମା ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଏ ।

ଉତ୍କଳ ବୋମା ଯଦିଓ ପରମାଣୁ ବୋମାଠାରୁ ଅଧିକ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ତଥାପି ଏହାର ଶକ୍ତିକୁ ବଢ଼ାଇବା ସହଜ ନୁହେଁ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଅନ୍ୟ ଉପାୟ ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଇ ପଡ଼ିଥାଏ ।  $u-235$ ର ବିଭଜନରୁ ଯେଉଁ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ, ତାହା ଦ୍ଵାରା ହାଲିଜିନ ମୌଳିକବସ୍ତୁ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୋଜନ କରାଯାଏ । ଏହି ସଂଯୋଜନରୁ ଉତ୍କଳ ତାପ ସହ ବହୁ ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି ଏତେ ଉଚ୍ଚ ଯେ ସେମାନେ  $u-238$  ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକରେ ବିଭଜନ କରାଯାଏ ।  $u-235$  ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ  $u-238$ ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ଏହାକୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌ରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ, କିନ୍ତୁ ସଂଯୋଜନରୁ ଅତି ବେଗଶାଳୀ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ସେମାନେ  $u-238$  ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ବିଭଜନ କରାଯାଏ ।

ବିଭଜନ ବୋମାର ଆକାର ଓ ଶକ୍ତିଶାଳିତାକୁ ବଢ଼ାଇବାକୁ ହେଲେ ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ବିଭଜନୀୟ ପଦାର୍ଥ  $u-235$ କୁ ବଢ଼ାଇବାକୁ ପଡ଼େ । କିନ୍ତୁ ଏହା ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ । ସେହିପରି ଉତ୍କଳ ବୋମାର ଟ୍ରାନ୍ସଫରମ୍ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ । ଡିଫ୍ରେଟେରିୟମ୍ ଓ ଲିଥିୟମ୍-6 ଯଦିଓ ଶସ୍ତା ତଥାପି ଏମାନଙ୍କର ପୃଥକକରଣ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ  $u-238$ , ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରାନ୍ତର ଶକ୍ତିକତା 99 ଭାଗ ଓ ସହଜରେ ମିଳିଥାଏ । ଏହି  $u-238$ କୁ ବ୍ୟବହାର କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ରର ଆକାର ଇଚ୍ଛାନୁଯାୟୀ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରେ ।

ଏହି ହି-ପ୍ରତିୟୁ ବୋମା ଯେ କେତେ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ତାହା ଏକ ଭୁଲନାରୁ ଜଣା ପଡ଼ିବ । 1945 ମସିହାରେ ଯେଉଁ ପରମାଣୁ ବୋମାବସ୍ତୋରଣ ହୋଇଥିଲା, ତାହାର ଶକ୍ତି 20 ହଜାର ଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ ଥିଲା । 1954 ମାର୍ଚ୍ଚରେ ଆମେରିକା ଦ୍ଵାରା ଫୁଟା ଯାଇଥିବା ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାର ଶକ୍ତି 15 ଲକ୍ଷ ଟନ୍ TNT । ଦ୍ଵିତୀୟ ବିଶ୍ଵୋତ୍ତର ଶମତା ପ୍ରଥମ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରାୟ 750 ଗୁଣ । ତେଣୁ ଏହି ହି-ପ୍ରତିୟୁ ବୋମାର ବ୍ୟବହାର ଫଳରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ରର ଶମତା କଲେଟନରୁ ମେଗାଟନ୍‌କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇପାରିବ ।

1952 ନଭେମ୍ବର 1ରେ ଆମେରିକା ଦ୍ଵାରା ଯେଉଁ ପ୍ରଥମ ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇଥିଲା, ତାହାର ବିଶ୍ଵୋତ୍ତର ଶମତା 5 ମେଗାଟନ୍ ବା 50 ଲକ୍ଷ ଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ ଥିଲା-ଏହା ଏକ ହି-ପ୍ରତିୟୁ ବୋମା । ଏହି ହି-ପ୍ରତିୟୁ ବୋମା ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାଠାରୁ ଅତ୍ୟନ୍ତ ମାରାତ୍ମକ । କାରଣ ଏହାର ବିକିରଣ ଜନିତ କ୍ଷତି ଅତି ଅଧିକ । ବିଭିନ୍ନ ବିଶ୍ଵୋତ୍ତରରେ ବିକିରଣ କ୍ଷତି ସଂଯୋଜନ ବିଶ୍ଵୋତ୍ତର ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ସଂଯୋଜନରୁ ପ୍ରାୟ ବସ୍ତୁ ତେଜସ୍ଵିୟ ନୁହେଁ । କିନ୍ତୁ ବିଭିନ୍ନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ତେଜସ୍ଵିୟ ଅଟନ୍ତି । ବିଭିନ୍ନ ବିଶ୍ଵୋତ୍ତରରୁ ବହୁ ତେଜସ୍ଵିୟ ବସ୍ତୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ମିଶିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ବିଭିନ୍ନ-ସଂଯୋଜନ ବୋମା ସେହି ଅନୁପାତରେ ତେଜସ୍ଵିୟତା ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଗ୍ରସ୍ତ କରାଏ । 20 କଲେଟନ୍ ବିଭିନ୍ନ ବିଶ୍ଵୋତ୍ତରରୁ ଯେତକି ତେଜସ୍ଵିୟତା ମିଳିଥାଏ 5 ମେଗାଟନ୍ ବିଭିନ୍ନ-ସଂଯୋଜନ ବୋମାରୁ ସେତକି ତେଜସ୍ଵିୟତା ମିଳିଥାଏ । କାରଣ 5 ମେଗାଟନ୍ ବୋମାର ତେଜସ୍ଵିୟତା କେବଳ ବିଭିନ୍ନରୁ ଆସିଥାଏ ।

ସଂଯୋଜନ ବିଶ୍ଵୋତ୍ତର, ତେଜସ୍ଵିୟତା ପୃଷ୍ଠି କରାଏ, କିନ୍ତୁ ସିଧା ସଲଖାବେ ନୁହେଁ । ଏଥିରୁ ମୁକ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାୟୀ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁକୁ ତେଜସ୍ଵିୟ କରାନ୍ତି । ସେଥିନିମ୍ନ ଏହି ତେଜସ୍ଵିୟତା ମାରାତ୍ମକ ନୁହେଁ ।

### ହି-ପ୍ରତିୟୁ ବୋମା (୨୦୦ ଲକ୍ଷ ଟନ୍ ଶକ୍ତିର)

ଏଥିରେ u-238 ବହୁଳ ପ୍ରମାଣରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ବହୁଶକ୍ତି u-238ରୁ ମିଳିଥାଏ । ତିନୋଟି ପ୍ରସର ଶକ୍ତି ମିଳିଥାଏ ।

ପ୍ରଥମ ପ୍ରସର :—u-235ର ବିଭିନ୍ନ-ପ୍ରାୟ 5 ଲକ୍ଷଟନ୍ ଶକ୍ତି ମିଳେ ।

ଦ୍ଵିତୀୟ ପ୍ରସର :—ଲିଥମ୍ ଓ ସୋଡ଼ିୟ ଉଦ୍‌ଜାନର ସଂଯୋଜନ ପ୍ରତିୟୁରୁ 20 ଲକ୍ଷ ଟନ୍ ଶକ୍ତି ମିଳେ ।

ତୃତୀୟ ପ୍ରାର୍ଥନା:— u—238 ବିଭଜନ ପ୍ରକ୍ରିୟାରୁ 175 ଲକ୍ଷ ଟନ ଶକ୍ତି ମିଳେ ।

ଏହି ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତିରୁ ପ୍ରତିମିନିଟ 200 ଲକ୍ଷ ଟନ ଶକ୍ତି ମିଳେ । କିନ୍ତୁ ସମୟ ଲାଗିଥାଏ ମାତ୍ର 2 ମାଇଲ୍ ଦୂରରେ ସେକେଣ୍ଡ ।

## କୋବାଲଟ୍ ବୋମ୍ବ (The Cobalt Bomb)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର ଦ୍ଵାରା ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ସମସ୍ତ ମାନବସମାଜକୁ ଲୋପ କରାଇପାରେ । ଏହା କେବଳ ମାତ୍ରାତ୍ମକ କୋବାଲଟ୍ ବୋମ୍ବ ଦ୍ଵାରା ସମ୍ଭବ । ଏହି କୋବାଲଟ୍ ବୋମ୍ବର ଗଠନ ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

- (1) ଏହାର କୋଡ୍ରେ ଏକ ବିଭଜନ ବୋମ୍ବ ଥାଏ ।
- (2) କୋଡ୍ ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ତତ୍ତ୍ଵେତ୍ତେରିସ୍ପର୍ଶ ଓ ଟ୍ରାଜିଡିସ୍ପର୍ଶ ମିଶ୍ରଣ ଦେଇ ରହିଥାଏ ।
- (3) ବାହ୍ୟ ପ୍ରସ୍ତରେ କୋବାଲଟ୍ ଏକ ଖୋଲ ଥାଏ ।

ଉଦ୍ଭାସନ ବୋମ୍ବର ବିସ୍ଫୋରଣରୁ ବହୁ ପରିମାଣର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ କୋବାଲଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ଏହାକୁ ତେଲୁରିୟମ୍ କରିଦିଅନ୍ତି ।  $Co^{59}$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି  $Co^{60}$ ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଗାମାରଶ୍ମି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି  $Co^{60}$ ର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 5.3 ବର୍ଷ । ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ଵାରା କୋବାଲଟ୍ ବାସ୍ତବରେ ପରିଣତ ହୋଇ ବାୟୁ ଦ୍ଵାରା ଉଡ଼ି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ସଂଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଯେ କେହି ଏହି ମାତ୍ରାତ୍ମକ ବସ୍ତୁର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସେ ତାର ମୃତ୍ୟୁ ସୁନିଶ୍ଚିତ ।

କିନ୍ତୁ ଯୁଦ୍ଧ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏଡେ ଘାତୀ ଛାୟା ତେଲୁରିୟମ୍ ବସ୍ତୁ ବିଶେଷ ଫଳପ୍ରସ୍ତ ହୋଇ ନଥାଏ । କାରଣ ତେଲୁରିୟମ୍ ବସ୍ତୁ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିବା ନିମିତ୍ତ ବହୁ ସମୟ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ ।

କୋବାଲଟ୍ ବଦଳରେ ଦସ୍ତାଧାରୁ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଏହା ଗାମାରଶ୍ମି ଉତ୍ପାଦିତ କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 250 ଦିନ । ତେଲୁରିୟମ୍ ମାରଣାସ୍ତ୍ର ଦୃଷ୍ଟିରୁ କୋବାଲଟ୍ ବା ଦସ୍ତା ବୋମ୍ବ ଅନ୍ୟ ବୋମ୍ବ ତୁଳନାରେ ଅତି ମାତ୍ରାତ୍ମକ ।

## ହିରୋସିମା-ନାଗାସାକି ସହର ଓ ପରମାଣୁ ବୋମା

ଜତିହାସରେ 1945 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ ମାସ 6 ତାରିଖ ଏକ ସୁରଣୀୟ ଦିବସ । ଏହି ଦିନ ପକାଳେ ପୃଥିବୀର ସର୍ବପ୍ରଥମ ପରମାଣୁ ବୋମା ହିରୋସିମା ସହର ଉପରେ ବିସ୍ଫୋଟ ହୋଇଥିଲା । ଆମେରିକା ଆକ୍ରମଣ ଚଳାଇ ଜାପାନକୁ ହରାଇବା ନିମନ୍ତେ ଏହି ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇଥିଲା । ହିରୋସିମା ଉପରେ ନିକ୍ଷେପିତ ବୋମା U-235 ଶ୍ରେଣୀୟ । ଏହି ଆକ୍ରମଣରେ 78,000 ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ ଓ 37,000 କ୍ଷତ ବିକ୍ଷତ ଓ 14 ହଜାର ନିଖୋଜ ହୋଇ ଥିଲେ । 75000 ଘର ଭିତରୁ 55,000 ଘର ପୂର୍ଣ୍ଣପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳି ପାଉଁଶ ହୋଇ ଯାଇଥିଲା । 7000 ଘରର ଚିତ୍ରବର୍ଣ୍ଣ ନ ଥିଲା । ଅବଶିଷ୍ଟ ଘର ଭାଙ୍ଗି ଚାଲିଯାଇଥିଲା ।

1945 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 9 ତାରିଖରେ ନାଗାସାକି ସହର ଉପରେ ଦ୍ଵିତୀୟ ପରମାଣୁ ବୋମା ବିସ୍ଫୋଟ ହୋଇଥିଲା । ଏହି ବୋମା Pu-239 ଶ୍ରେଣୀୟ । ଏହି ବିସ୍ଫୋରଣ ଫଳରେ 24,000 ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ, 23,000 କ୍ଷତ ବିକ୍ଷତ ଏବଂ 2 ହଜାର ନିଖୋଜ ହୋଇ ଥିଲେ ।

ହିରୋସିମାରେ ଶତକଡ଼ା 90 ଭାଗରୁ ଅଧିକ ଘର ପୂର୍ଣ୍ଣପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାଙ୍ଗି ଯାଇଥିଲା । ବିସ୍ଫୋରଣ ହେବାର ସ୍ଥାନ (ଗ୍ରାଉଣ୍ଡ ଜିରୋ) ଠାରୁ  $\frac{1}{2}$  ମାଇଲ ଭିତରେ ସବୁ କୋଠାବାଡ଼ି ନଷ୍ଟ ହୋଇଥିଲା । ଦୁଇ ମାଇଲ ବ୍ୟାସାବୃତ୍ତ ମଧ୍ୟରେ କୋଠାବାଡ଼ିର ଭଙ୍ଗାକୁଳା କାମ ବେଶି ହୋଇଥିଲା ।  $1\frac{1}{2}$  ମାଇଲ ଦୂରରୁ ମଧ୍ୟରେ ମୃତ ବ୍ୟକ୍ତିଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଶତକଡ଼ା 90 ଭାଗ ମୃତ ହୋଇଥିଲେ । ଅଧ ମାଇଲ ମଧ୍ୟରେ ଶତକଡ଼ା 90 ଭାଗରୁ ଅଧିକ ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ୍ୟୁ ମୁଖର ପକ୍ଷ୍ମଣୀନ ହୋଇଥିଲେ ।  $\frac{1}{2}$  ମାଇଲ ଓ  $1\frac{1}{2}$  ମାଇଲ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରାୟ ଶତକଡ଼ା 50 ଭାଗ ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ ହୋଇଥିଲେ ।

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ବିବରଣୀରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ମୃତାହତ ସଂଖ୍ୟା ଓ କ୍ଷତର ପରିମାଣ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ କାରଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସାଧାରଣ ରାସାୟନିକ ବିସ୍ଫୋରଣରେ ମଧ୍ୟ ଯାହା କ୍ଷୟ କ୍ଷତି ହୋଇଥାଏ ତାହା ବାତ୍ୟା (Blast) ଓ ତାପ (Heat) ଯୋଗୁଁ ଅଟେ । ପରମାଣୁ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ଫଳରେ କ୍ଷତର ପରିମାଣ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ । ଅତି ଉଚ୍ଚ ତାପ ଦ୍ଵାରା ବସ୍ତୁ ଗୁଚ୍ଛନରେ ନିଆଁ ଲାଗି ଥାଏ ଏବଂ ଜୀବନ୍ତବସ୍ତୁ ଦଗ୍ଧ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଯେତେବେଳେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଭୂ ପୃଷ୍ଠରେ ନ ହୋଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ହୁଏ, ବାତ୍ୟା ବଡ଼ ଭୟଙ୍କର ଆକାର ଧାରଣ କରେ । ହିରୋସିମାରେ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ 2,000 ଫୁଟ

ଉଚ୍ଚତାରେ ହୋଇଥିଲା । ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷୟ କ୍ଷତି କେବଳ ପ୍ରବଳ ବାତ୍ୟା ଯୋଗୁଁ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥିଲା ।

ପ୍ରବଳ ତାପୀୟ ବିକିରଣ ଦ୍ଵାରା ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଘର ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଜଳି ଛୁରଖାର ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ତାପ ଦ୍ଵାରା ମନୁଷ୍ୟମାନେ ଜଳ ପୋଡ଼ି ଅଙ୍ଗାର ହୋଇଥାନ୍ତି । ହିରୋସିମାରେ ମୃତାହତ ବ୍ୟକ୍ତିମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଶତକଡ଼ା 25 ଭାଗ କେବଳ ତାପରେ ଜଳି ପୋଡ଼ି ମରିଥିଲେ, ଶତକଡ଼ା 50 ଭାଗ ବାତ୍ୟାରେ ଓ ପ୍ରାୟ ଶତକଡ଼ା 15 ଭାଗ ଗାମା ବିକିରଣ ଜନିତ କ୍ଷତି ଦ୍ଵାରା ମୃତ୍ୟୁ ମୁଖର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୋଇଥିଲେ ।

ହିରୋସିମା ସହର ଉପରେ ଯେତେବେଳେ “ଏନୋ ଲଗେ” ଉଡ଼ାଜାହାଜ୍ ପରମାଣୁ ବୋମା ବହନ କରି ଉଡ଼ିବାକୁ ଲାଗିଲା, ସେତେବେଳେ ହିରୋସିମା ଉପରୁ କୌଣସି ପ୍ରତି ଆକ୍ରମଣ କରାଯାଇ ନଥିଲା । ବୋମାକୁ ପାରାବରଣିତ ସାହାଯ୍ୟରେ ତଳକୁ ଖସାଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ବିସ୍ଫୋରଣ କରାଯାଇଥିଲା । ବୋମା ପଡ଼ିବାର ଦୁଇ ମିନିଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପ୍ରକାର ମେଘ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ 40,000 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିଥିଲା । ବିସ୍ଫୋରଣ ଠାରୁ ଗୁଣାଘଣ୍ଟା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ହିରୋସିମାର ଆକାଶ ଧୁଳିପଟଳ ଦ୍ଵାରା ଆଚ୍ଛାଦିତ ହୋଇ ଅନ୍ଧକାର ଦିଶୁଥିଲା । ତେଣୁ ବିସ୍ଫୋରଣ ପରେ ପରେ ହିରୋସିମାର ଚନ୍ଦ୍ର ନେବାରେ ଏହା ପ୍ରଧାନ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ହୋଇଥିଲା ।

ହିରୋସିମା ସହର ଉପରୁ ଧୂଳି ଚାଲିଯିବା ପରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଫଟୋଚନ୍ଦ୍ର ନିଆଯାଇ ଥିଲା । ସେଥିରୁ ଜଣାପଡ଼ିଲା ଯେ ସହରର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ କୋଠାବାଡ଼ି ପୂର୍ବପୂର୍ବ ଧ୍ୟାସ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିଲା । କଂକ୍ରିଟ୍ ତିଆରି କୋଠାରେ କେବଳ ଲୁହା ଛଡ଼ା ବୁଲୁଥିଲା । ପୋଲଗୁଡ଼ିକ ଭାଙ୍ଗି ରାସ୍ତା ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହୋଇଥିଲା । ଆହତ ବ୍ୟକ୍ତିମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକାଂଶ ସାଂଘାତିକ ଭାବେ ଆହତ ହୋଇଥିବାରୁ ବିସ୍ଫୋରଣର ଅଳ୍ପ କିଛି ଦିନ ମଧ୍ୟରେ ମରିଯାଇ ଥିଲେ । ଅବଶିଷ୍ଟ ଆହତ ବ୍ୟକ୍ତିମାନେ ବୋମାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରଭାବରୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ପ୍ରାଣତ୍ୟାଗ କରିବାକୁ ଲାଗିଲେ ।

ଦୁର୍ଗନ୍ଧ ଦୁର୍ଗନ୍ଧ ଧୂଳି ଦ୍ଵାରା ସାରା ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଦୁର୍ଗନ୍ଧମୟ ହୋଇଥିଲା । ଶବଗୁଡ଼ିକୁ ଚିତ୍ତିବା କଷ୍ଟକର ହୋଇଥିଲା । ଦର୍ଶ୍ୟ ଶକ୍ତିର ଗୁଡ଼ିକୁ ଧରିବା ମାତ୍ରେ ମାଂସ ଶରୀରରୁ ଖସି ପଡ଼ୁଥିଲା । ସହରର ମେୟର ଓ ମେୟର ପରିଷଦ ସମେତ ସମସ୍ତେ ପ୍ରାଣତ୍ୟାଗ କରି ଥିଲେ । ଡାକ୍ତରଖାନା ଧ୍ୟାସପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିଲା । ଆହତ ବ୍ୟକ୍ତିଙ୍କର ଚିକିତ୍ସା କରିବାକୁ କେହି ଚିକିତ୍ସକ ବଞ୍ଚି ରହି ନଥିଲେ । ଦମକଳ ବା ଅମ୍ବୁଲେନ୍ସ କିଛି ନ ଥିଲା । ସବୁ ପୋଡ଼ି ଧ୍ୟାସ

ହୋଇଯାଇଥିଲା । ହଜାର ହଜାର ବ୍ୟକ୍ତି ସାହାଯ୍ୟ ବିନା ଓ ଚିକିତ୍ସା ଅଭାବରୁ ରାସ୍ତା କଡ଼ରେ ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କଲେ । ହିରୋସିମା ସହରରେ ଅଗ୍ନିକାଣ୍ଡ ଦ୍ଵାରା ସମସ୍ତ ସହରଟି ଜଳି ପୋଡ଼ି ଗ୍ରାସିତ ହୋଇଥିଲା ।

ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ସମୟରେ ଏକ ଉଜ୍ଜ୍ଵଳ ଗୋଲକାର ପିଣ୍ଡ ଆକାଶକୁ ଉଠିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଗାମା ଓ ରଞ୍ଜନରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ଶରୀର ପ୍ରତି କ୍ଷତିକାରକ । ଏହାଦ୍ଵାରା ଶରୀରର ଜୀବନ ତନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବରେ ହାତ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ନରମ ମଞ୍ଜୁ ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ । ଅନେକେ ରକ୍ତ ଶ୍ଯନ୍ୟତା ରୋଗରେ ପୀଡ଼ିତ ହୁଅନ୍ତି । ଆଉ କେତେକ ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବରେ ଧୀରେ ଧୀରେ ମରବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି ।

ନାଗାସାକିରେ କ୍ଷୟ କ୍ଷତି ହିରୋସିମାଠାରୁ ଅଧିକ ଥିଲା । ଏହାର ଲୋମହର୍ଷଣ କାହାଣୀ ଅତି ଅଧିକ ମର୍ମନ୍ତୁଦ ବୋଲି କୁହାଯାଏ ।

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ପ୍ରଭାବ (Effects of Nuclear Explosions)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣର ପ୍ରଭାବକୁ ସାଧାରଣତଃ 4ଟି ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ ।

- |   |  |
|---|--|
| (1) ବାଜ୍ୟା (Blast)  |  |
| (2) ତାପୀୟ ବିକିରଣ (Heat Radiation)<br>ତାପ ଦୀପ୍ତି (Heat flash)                                    | ଏକ ମିନିଟରୁ କମ୍ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ପ୍ରଭାବଗୁଡ଼ିକ ଦେଖା ଦେଇଥାଏ । |
| (3) ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିକିରଣ (ନିଉଟ୍ରନ୍ ଓ ଗାମାରଶ୍ମି) Nuclear Radiation. Neutron & Gammarays) |  |
| (4) ଅବଶିଷ୍ଟ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିକିରଣ (Residual nuclear radiation - $\gamma$ & $\beta$ rays)            | ଏହି ପ୍ରଭାବ ଦିନ-ମାସ, ବର୍ଷ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟାପ୍ତ ଥାଏ ।         |

ବିସ୍ଫୋରଣ ଯଦି ବ୍ୟୟମଣ୍ଡଳରେ ଭୂମିଠାରୁ 2,000 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାରେ କରାଯାଏ, ତେବେ ଏହାକୁ ବାୟୁ ପ୍ରସ୍ଫୋଟ (Air-burst) କହନ୍ତି । ବିସ୍ଫୋରଣ ହେବା ନିମ୍ନିତ୍ତ 1/10 ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ଲାଗିଥାଏ ଏବଂ ଏହି ବିସ୍ଫୋରଣ ପରେ ବିଭଜନୀୟ ପଦାର୍ଥର ଉତ୍ତପ ଶକ୍ତି ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରୀକୁ ଏବଂ ଗୁପ୍ତ କେତେ ନିୟୁତ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଗୁପ୍ତକୁ ବୃଦ୍ଧିପାଇଥାଏ । ବିସ୍ଫୋରଣର  $\frac{1}{10}$  ମିଲିସେକେଣ୍ଡରେ ଉତ୍ତପ 300,000°C କୁ ବୃଦ୍ଧିପାଇଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ତପ ସୂର୍ଯ୍ୟ ପୃଷ୍ଠଉତ୍ତପର ପ୍ରାୟ 50 ଗୁଣ । ଅଗ୍ନିଗୋଲକର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଖୁବ ଉତ୍ତପ ଥାଏ । କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଉତ୍ତପ ଚତୁର୍ଥାଂଶକୁ ବିକିରଣ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଅଗ୍ନିଗୋଲକର ବ୍ୟାସ କ୍ରମେ ବଢ଼ିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ଏବଂ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ 300 ଗଜ ହୋଇଥାଏ । 10 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଏହି ଜାଳଦ୍ୟୁଲ୍ୟମାନ ଶିଖା ଲାଗି ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଅଗ୍ନି ପିଣ୍ଡକୁ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 100 ଗଜ ଗତିରେ ଉଦ୍‌ଧୂଳି ଉଠିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ।

ଏହାପରେ ନିମ୍ନ ଗୁପ୍ତ ପୃଷ୍ଠ ହୋଇ ବାୟୁ ସଂପ୍ରସାରଣ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳୀୟବାଷ୍ପ ସମ୍ବୃତ ହୋଇଥାଏ । କିଛି ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଗୁପ୍ତ ସାଧାରଣ ଗୁପ୍ତକୁ ଫେରିଆସେ ଏବଂ ସମ୍ବୃତ ବାଦଲ ହଠାତ୍ ଅନ୍ତର୍ଦ୍ଧାନ ହୁଏ । ଏହାପରେ ଅଗ୍ନିଗୋଲକ ସମ୍ପାଦିତ 100 ମାଇଲ ବେଗରେ ଉଦ୍‌ଧୂଳି ଉଠିବାର ଦେଖାଯାଏ । ଏହାପରେ ପରେ ତପ୍ତ ଧୂଳିପଟଳ ମଧ୍ୟ ଉପରକୁ ଉଠିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ଉଦ୍‌ଧୂଳି ଉଠିଥିବା ବାଦଲ ଖ୍ରୀଷ୍ଟୋଷ୍ଟିୟରେ 4 ମିନିଟ୍‌ରେ ପହଞ୍ଚେ ଏବଂ 7 ମିନିଟ୍ ମଧ୍ୟରେ 30-60 ହଜାର ଫୁଟକୁ ଉଠିଥାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଅଗ୍ନିଗୋଲକ ନିଶ୍ଚିହ୍ନ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଦୁଇମାଇଲ ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ମସୃମ୍ ବାଦଲ (Mushroom cloud)ରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଥାଏ ।

## ତାପ ଦୀପ୍ତି (Heat Flash) —

ସମସ୍ତ ବିକିରଣ ଶକ୍ତିର ପ୍ରାୟ  $\frac{1}{3}$  ଅଂଶ ଏହି ତାପ ଦୀପ୍ତି ଦ୍ଵାରା ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବିସ୍ଫୋରଣର କିଛି ସମୟପରେ ତାପ କମି 1700°Cକୁ ଆସେ । ଏହାକୁ ସବନମ୍ ଉତ୍ତପ କହନ୍ତି । ଏହି ଉତ୍ତପ ହାସଲ ହେବାପରେ 3 ସେକେଣ୍ଡରେ ଅତି ଗୋଟିଏ ବିକିରଣ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ଏହି ସବନମ୍ ଉତ୍ତପରେ ପହଞ୍ଚିବା ପୂର୍ବରୁ ଯାହାବା କିଛି ବିକିରଣ ହୁଏ ସେଥିରୁ ରକ୍ଷା ପାଇବାକୁ ହେଲେ ଗୋଟିଏ ମୋଟା ଅସ୍ତ୍ର ପଦାର୍ଥ ତାଙ୍କି ହେଲେ ଚଳିବ । ଏକ ମାଇଲରୁ କିଛି ଅଧିକ ଦୂରତାରେ ଏହି ତାପ ଦୀପ୍ତି ବିକିରଣ 6 ଗ୍ରାମ-କାଲୋରି/ବର୍ଗସେମି ହେବ । ଏହି ତାପ ଦ୍ଵାରା ହଠାତ୍ ପରୁଣ ଗ୍ରୀବ ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ୍ୟୁର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବେ । କାରଣ



ଧଳା କାଗଜ ଜଳିବାପାଇଁ 10 ଓ କଳା କାଗଜ ଜଳିବାକୁ 3-ଗ୍ରାମ କ୍ୟାଲୋରୀ/ବର୍ଗ-ସେମି ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ପ୍ରସ୍ତୋତର ଠିକ ତଳେ ଉତ୍ତପ 3000°C ହେବ ।

ଅଗ୍ନି ଗୋଳଜର ପାସ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ନିନଟବର୍ତ୍ତୀ ବ୍ୟକ୍ତିମାନଙ୍କର ଆଖି ଶୁଦ୍ଧିପ୍ରାପ୍ତ ହେବ । 10 ମାଇଲ ଦୂରରୁ ନଦ ଏହି ଅଗ୍ନି ଗୋଳକୁ ଜଣେ ଚାହିଁବ ତେବେ ଏକ ମିନିଟରୁ ଅଧିକ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅସ୍ଥାୟୀ ଭାବେ ଅନ୍ଧ ହୋଇଯିବ ।

## ବାତ୍ୟା ତରଙ୍ଗ (Blast Wave)

କୌଣସି ସଂରଚିତ ବସ୍ତୁ (Structural Material) ଉପରେ ବାତ୍ୟା ତରଙ୍ଗର ପ୍ରଥମ ପ୍ରଭାବ, ଏକ ବିରାଟ ହାରୁଡ଼ରେ ପିଟିବା ଭଳି ଅନୁଭୂତ ହେବ । କମ୍ପାନୀ ତରଙ୍ଗ ସଂରଚିତ ବସ୍ତୁର ଅପରପାର୍ଶ୍ୱରେ ପହଞ୍ଚିବା ଯାଏଁ ଶୁଣି ଶୁବ ବାଦି ଯାଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁକୁ ସଂକ୍ଷୁବ୍ଧ କରି ଚୁଣ୍ଡିତ କରିଦେବ ।

ଏହି ବାତ୍ୟା ଲୋକମାନଙ୍କର ସିଧାସଳଖ ଶବ୍ଦ କରିପାରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ କୋଠା-ବାଡ଼ି ଭଙ୍ଗାଯିବା ହେବାଦ୍ୱାରା ଏହାର ଭୟାବ୍ଧ ଶବ୍ଦଗୁଡ଼ିକ ବାତ୍ୟାରେ ଉଡ଼ି ଲୋକମାନଙ୍କର ଶବ୍ଦ ଦେଖାଇ ଥାଏ ।

କର୍ଣ୍ଣ ଗହୁରରେ ଏହି ପ୍ରସ୍ତୋତଦ୍ୱାରା ଶବ୍ଦହୋଇଥାଏ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ରକ୍ତସ୍ରାବ ମଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ।

## ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିକିରଣ :—

ଏହି ବିକିରଣରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଓ ଗାମା ରଶ୍ମି ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାୟୀ ବସ୍ତୁକୁ ତେଜସ୍ୱୀୟ କରିଥାଏ । ଆଲଫା ବା ବିଟା ରଶ୍ମି ମଧ୍ୟ ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରବେଶ କ୍ଷମତା କମ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଶବ୍ଦ କମ ହୋଇଥାଏ ।

ଗାମା ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ସବୁଠାରୁ ଭୟଙ୍କର ଶବ୍ଦ ହୋଇଥାଏ । ହିରୋସିମା ଓ ନାଗାସାକିରେ ଯେତେ ସଂଖ୍ୟାତ ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ ହୋଇଥିଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗାମା ବିକିରଣରେ ଶତକଡ଼ା 15 ଭାଗ ମୃତ ହୋଇଥିଲେ । ବିସ୍ଫୋରଣ ସ୍ଥାନର ପ୍ରାୟ  $1\frac{1}{2}$

ମାଲିକ ଦୂରତ୍ବରୁ ଅଧିକ ଜ୍ଞାନରେ ଗାମା ବିକିରଣର ପ୍ରଭାବ କରିଥାଏ । କାରଣ ଏହି ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷତି ବାତ୍ୟା ଓ ତାପ ଦ୍ବାରା ହୋଇଥାଏ । ମେଗାଟନ ବିସ୍ଫୋରଣରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିକିରଣ ବିଶେଷ କ୍ଷତି କରି ନଥାଏ ।

## ଅବଶିଷ୍ଟ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିକିରଣ—

ବିକିରଣର ଉତ୍ସ ହେଲା ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ଉତ୍ପାଦନ । ବିଭିନ୍ନ ଓ ସଂଯୋଜନ ଦ୍ବାରା ଯେଉଁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୁଅନ୍ତି ସେମାନେ ସ୍ଥାୟୀ ବସ୍ତୁକୁ ତେଜସ୍ବିୟ କରିଥାନ୍ତି । ଆଉ କେତେକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ସ୍ବୟଂନିୟମ ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବୋମାରେ ବିଭିନ୍ନ ନ ହୋଇ ରହିଥାନ୍ତି । ଏହା ଦ୍ବାରା ତେଜସ୍ବିୟତା ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

ଯଦି କୌଣସି ତେଜସ୍ବିୟ ପଦାର୍ଥ ଦ୍ବାରା ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀରରେ କ୍ଷତି ହେବ ତେବେ ଏହା ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀରକୁ ଅନାୟାସରେ ପ୍ରବେଶ କରିବା ଉଚିତ । ସ୍ଟ୍ରୋନସିୟମ-90 ଆଇସୋଟୋପ ଅତି ସହଜରେ ଶରୀର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁ-କାଳ 28 ବର୍ଷ । କାଲସିୟମ୍ ସହ ଏହାର ରାସାୟନିକ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିବାରୁ ସହଜରେ ହାତ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ସଂଚିତ ହୁଏ । ଏହା ବିଟା ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ ।

ଆଲଫା ବା ବିଟା ରଶ୍ମି ଶରୀର ବାହାରେ ରହି ଶରୀରର କୌଣସି କ୍ଷତି ଘଟାଇ ନଥାନ୍ତି । କାରଣ ଏମାନଙ୍କର ପ୍ରବେଶ କ୍ଷମତା କମ୍ । କିନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ତେଜସ୍ବିୟ ଉତ୍ସ ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ରହେ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ଶୁଦ୍ଧ ଦୀର୍ଘ ଅଟେ, ଏଥିରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ବିଟା ରଶ୍ମି ମଧ୍ୟ ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭୁତ କ୍ଷତି ଘଟାଇଥାଏ (ଯଥା ସ୍ଟ୍ରୋନସିୟମ-90)

ସିଲିସିୟମ-137 ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରେ ଏବଂ ଶରୀର ବାହାରେ ରହି ମଧ୍ୟ ଶରୀରର କ୍ଷତି ସାଧନ କରିଥାଏ ।

## ପରମାଣୁ ଯୁଦ୍ଧ

ପରମାଣୁ ଓ ଉଦ୍ଭଜାନ ବୋମା ମାରଣାସ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ କିପରି ଓ କେଉଁ ପ୍ରମୋଶର କ୍ଷତି ଘଟାଇଥାନ୍ତି ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନ ଅଲୋଚନା କରିବା । ଯଦି 10 ମେଗାଟନ ବୋମା ଭୁପୃଷ୍ଠ ନିକଟରେ ବିସ୍ଫୋରିତ ହୁଏ ତେବେ 7 ମାଇଲ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗହ୍ବର ସୃଷ୍ଟି ହେବ । ଏହି ଗହ୍ବର ଅଞ୍ଚଳରେ ସମସ୍ତ କୋଠାବାଡ଼ି ଚୁର୍ଣ୍ଣାଭୂତ ହେବ । ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସମସ୍ତ ଜୀବନ୍ତ ବସ୍ତୁ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହୋଇଯିବେ । ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଅଗ୍ନି ଦେଖାଯିବ ନାହିଁ, କାରଣ ଜଳିବାକୁ

କିଛି ଆଉ ବାକୀ ନଥାଏ ।  $3\frac{1}{2}$  ମାଇଲ ବ୍ୟାପାର୍ଚ୍ଚ ମଧ୍ୟରେ ଯୁଗୁଗୁଡ଼ିକ ବି ନଷ୍ଟ ହୋଇ-  
ଥାଏ । ଷ୍ଟର ପରିମାଣ କଳନା କରିବା ମୁସ୍ତି । ଘରଗୁଡ଼ିକ ଏପରି ଷ୍ଟରପ୍ରିସ୍ତ ହୋଇ-  
ଥାଏ ଯେ ଆଉ ମରାମତ ଦେବା ଅବସ୍ଥାରେ ନଥାଏ । 12 ମାଇଲ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗଳିଗୁଡ଼ିକ ଏକ  
ମଇଲା ଓ ଆବଳି ନାରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ । 12 ମାଇଲ ବ୍ୟାପାର୍ଚ୍ଚ ପରେ ଏକ  
ବଳୟରେ ଅଳ୍ପ ଷ୍ଟର ଦେଖିଥାଏ । ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଝରକାର କାଚଗୁଡ଼ିକ ଭାଙ୍ଗିଯାଏ । ଘର  
ଛତା ଓ ଟାଇଲ ଗୁଡ଼ିକ ଉଡ଼ି ଗୁଣ୍ଡ ହୋଇଯାଏ, ଏବଂ 25 ମାଇଲ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବାହାରେ  
ବୁଲୁଥିବା ଲୋକେ ସାଧାରଣଭାବେ ଜଳିଯାନ୍ତି । ଏସବୁ ପ୍ରଭବ ବାତ୍ୟା ଓ ଉତ୍ତପତ୍ତ  
ହୋଇଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଅଧିକାଂଶ ଷ୍ଟରପ୍ରିସ୍ତ ବିକରଣ ଦ୍ୱାରା ମଧ୍ୟ ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଯଦି ଏହି ବିସ୍ଫୋରଣ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ନ ହୋଇ ଭୂ ପୃଷ୍ଠରେ ହୁଏ ତେବେ ଲକ୍ଷ  
ଲକ୍ଷ ଟନ୍ ମାଟି ଉପରକୁ ଉଠି ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ସହ ମିଶି ଯାଇଥାଏ । ଆକାଶ ଧୂଳିପଟଳ  
ଦ୍ୱାରା ଆଚ୍ଛାଦିତ ହୋଇ ଅନ୍ଧକାର ଦିଶୁଥାଏ । ଅଗ୍ନିକାଣ୍ଡ ଦ୍ୱାରା ତପ୍ତତରଳ ଧୂଳିପଟଳ ମଧ୍ୟ  
ଉପରକୁ ଉଠିଥାଏ ଏବଂ ଏସବୁ ଉତ୍ତପ୍ତ ମେଘରାଶି ଭଳି ନିଶା ପଡ଼ୁଥାଏ । ବିସ୍ଫୋରଣର  
ଅଧ୍ୟାୟ ଘଣ୍ଟାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଏକଘଣ୍ଟା ମଧ୍ୟରେ ଏହି ଉତ୍ତପ୍ତ ଧୂଳିପଟଳ କ୍ରମେ କ୍ରମେ  
ତଳକୁ ଖସି ଭୂ ପୃଷ୍ଠରେ ବସିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ଏହି ଧୂଳିରୁ ଅଧିକାଂଶ 12 ଘଣ୍ଟା  
ମଧ୍ୟରେ ତଳକୁ ଗୁଲିଆସିଥାନ୍ତି । ଅତି ତେଜସ୍ବିୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ ଗୁଡ଼ିକ ଏହି ଧୂଳିରାଶି ସହ  
ମିଶି 2 ହଜାର ବର୍ଗ ମାଇଲ ଅଞ୍ଚଳରେ ପ୍ରକାଶ୍ ମାରାତ୍ମକ ତେଜସ୍ବିୟତା ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି ।  
ଯଦି ଏହି ଅଞ୍ଚଳରେ କେହି ବଂଶବାକୁ ଗୃହେ, ତେବେ ଦୁଇଦିନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେତେଦୂର  
ସମ୍ଭବ ଅତି ଉତ୍ତମ ଭାବେ ଶରୀର ଘୋଡ଼ାଇ ରଖି ତତ୍ପରେ ତେଜସ୍ବିୟତା ଶୂନ୍ୟ ଅଞ୍ଚଳକୁ  
ଗୁଲିଆସିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଦୁଇଦିନ ଘୋଡ଼ାଇ ହୋଇ ରହିବାର କାରଣ ଏହି ଯେ  
ବିକରଣ ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଅତି ଟାଣୁହୋଇ ପରେ ପରେ ଶୀଘ୍ର ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ବିକରଣର  
ଅଭେଦ ଭାଗ ପ୍ରଥମ 36 ଘଣ୍ଟା ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଦୁଇ ତୃତୀୟାଂଶ  
ପରବର୍ତ୍ତୀ 10 ଦିନ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ବିକରଣ ମୁକ୍ତ  
ହେବାକୁ 100 ବର୍ଷ ଲାଗିଥାଏ । ତେଣୁ ବିକରଣ ସମୟରେ ସର୍ବପ୍ରଥମେ ଅତି ଉତ୍ତମ  
ଭାବେ ନିଜକୁ ଘୋଡ଼ାଇ ରଖି ପରେ ପରେ ତେଜସ୍ବିୟତା ଶୂନ୍ୟ ଅଞ୍ଚଳକୁ ଯିବାକୁ  
ପଡ଼ିଥାଏ ।

ଏଥିରୁ ସହଜରେ ଅନୁମେୟ ଯେ ସମଗ୍ର ପୃଥିବୀକୁ ମାରାତ୍ମକ ଅଞ୍ଚଳରେ ପରିଣତ  
କରିବାକୁ ହେଲେ ମାତ୍ର ଏହିପରି 40ଟି ବୋମା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥିରୁ ବଞ୍ଚିବା ନିମିତ୍ତ ଅନ୍ୟ  
କୌଣସି ଉପାୟ ନାହିଁ । ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 10 ମେଗାଟନ ବୋମା ବିସ୍ଫୋଟ ଆଲୋଚିତ ହେଲା ।

ଯଦି 20 ମେଗାଟନ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ କରାହୁଏ ତେବେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଅତ୍ୟଧିକ ବ୍ୟାପାର୍ଚ୍ଚରେ ବିଶେଷ କିଛି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ନାହିଁ । ତେବେ ଏହି ବ୍ୟାପାର୍ଚ୍ଚ ଘନମୁଳତ୍ଵେବେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ଯଦି ବୋମାର ଆକାର ଦ୍ଵିଗୁଣ କରାହୁଏ ତେବେ 10 ମାଇଲ ବ୍ୟାପାର୍ଚ୍ଚରେ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇ 12 ମାଇଲ ହୋଇଥାଏ । ବୋମାର ଆକାର ଦୁଇଗୁଣ ବା ତିନିଗୁଣ ବଢ଼ାଇଲେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଅତ୍ୟଧିକ ବ୍ୟାପାର୍ଚ୍ଚରେ ବିଶେଷ କିଛି ବୃଦ୍ଧି ହୋଇନଥାଏ । କିନ୍ତୁ ବିକିରଣର ପରିମାଣ ବୋମାର ଆକାର ଯଦି ସମାନ୍ତରାଳତ୍ଵେବେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ବୋମାର ଆକାରକୁ ଦୁଇଗୁଣ କଲେ ବିକିରଣର ପରିମାଣ ମଧ୍ୟ ଦୁଇଗୁଣ ହୋଇଥାଏ । ବୋମାର ଆକାରକୁ ଇଚ୍ଛାନ୍ତୁଯାୟୀ ବଢ଼ାଯାଇ ନପାରେ, କାରଣ ଏଗୁଡ଼ିକର ପରିବହନ ଅସୁବିଧା ଦେଖା ଦେଇଥାଏ । ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ମାରଣାସ୍ତ୍ର ହେବାକୁ ହେଲେ ଏହାକୁ ରକେଟ୍ ପାତ୍ରାନ୍ତରେ ବା ଉଡ଼ାନାୟକ ଲବ୍ଧ୍ୟରେ ଲାସ୍ତେଇଲକୁ ନେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହା ନେଉଛି ଏକମାତ୍ର ପ୍ରତିବଦ୍ଧ । 50, 100, 200 ମେଗାଟନ ବୋମା ଯଦି ଯୁଦ୍ଧକ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାହୁଏ ତେବେ ଏହାଦ୍ଵାରା କିପରି ସଫାଧିକ କ୍ଷତି ହୋଇପାରିବ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଇଥାଏ ।

ତେଜସ୍ଵିୟତା ଦ୍ଵାରା ସଫାଧିକ କ୍ଷତି ସାଧନ କରିବାକୁ ହେଲେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଭୂପୃଷ୍ଠର ଉର୍ଦ୍ଧ୍ଵରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୁଏ ତେବେ ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷତି କେବଳ ପ୍ରବଳ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି 100 ମେଗାଟନ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ କରାହୁଏ ତେବେ 60 ମାଇଲରୁ ଆରମ୍ଭ କରି 140 ମାଇଲ ବୃଦ୍ଧି ମଧ୍ୟରେ ଅଗ୍ନିହେତୁ ପୃଷ୍ଠି ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୁଏ ତେବେ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ଵରେ ତେଜସ୍ଵିୟତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଯଦି ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ହୁଏ ତେବେ ସବୁ ଜଳି ଗୁରୁତାର ହୋଇଯାଏ । ଯୁଦ୍ଧ ସମୟରେ କୌଣସି ପ୍ରୟୋଗ କରି ଦ୍ଵିତୀୟ ପ୍ରକାର କ୍ଷତି କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରାହୁଏ । ଯୁଦ୍ଧ ନିମିତ୍ତ 'ସ୍ଵ' ପ୍ରକାର କ୍ଷତି ଆବଶ୍ୟକ । କାରଣ ଯଦି ମନୁଷ୍ୟ ତେଜସ୍ଵିୟତା ଯୋଗୁ ମୃତ୍ୟୁପ୍ରାପ୍ତ, ତେବେ ସେମାନେ ହୁଏତ ପୁନର୍ଜୀବ ଯୁଦ୍ଧ କରି ପାରନ୍ତି, କିନ୍ତୁ ଯଦି ହସ୍ତେ ଜଳିଯୋଡ଼ି ଯାଇଥିବେ ତେବେ ଯୁଦ୍ଧ କରିବାକୁ ଆଉ କେହି ନଥିବେ ।

କେଉଁ ପ୍ରକାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର କେଉଁ ଦେଶ କେତେ ପରିମାଣରେ ମହଜୁଦ କରି ରଖିଛି ତାହାର ଅଟ୍ଟକଳ କରିବା ସହଜ ନୁହେଁ । ତଥାପି ଆମେରିକାର 30,000 ମେଗାଟନ, ଆଉ 20,000 ଓ ଇଂଲଣ୍ଡର 5000 ମେଗାଟନ ବୋମା ଗଚ୍ଛିତ ଅଛି ବୋଲି ଅନୁମାନ କରାଯାଏ । ଏମାନଙ୍କ ଭୂଲନାରେ ଫ୍ରାନସର ମହଜୁଦ ଖୁବ୍ ନଗଣ୍ୟ । ଯଦି ଉତ୍ତୟଙ୍କର

ସମପରିମାଣର ବୋମାଆଏ ତେବେ କେନ୍ଦ୍ର ପ୍ରଥମେ ଯୁଦ୍ଧ କରିବାକୁ ଆଗଭର ହେବେ ନାହିଁ । କାରଣ ଏଠାରେ “Balance of Terror” କାମ କରେ । ଏହି ଭୟ ଛାୟା ହେବା ଅବଶ୍ୟକ । ତଥାପି ଯୁଦ୍ଧ ଚଳି ପ୍ରକାରେ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ । ଦୈବୀୟ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ ବା ଷ୍ଟ୍ରାଟେଜି, ଗଣଗୋଲରୁ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭର ସୁଯୋଗ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ପ୍ରକଳିତ ଅସ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଷ୍ଟ୍ରାଟେଜିର ଯୁଦ୍ଧ ହୋଇ ପରେ ପରେ ବଡ଼ ଧରଣର ଅସ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଯୁଦ୍ଧରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଷ୍ଟ୍ରାଟେଜି ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ରକୁ ‘Tactical’ ଅସ୍ତ୍ର କହନ୍ତି । ଏହି ଟାକଟିକାଲ ଅସ୍ତ୍ର ଦ୍ୱିବେଷମା ଉପରେ ପଡ଼ିଥିବା ବୋମା ସଦୃଶ, ଅର୍ଥାତ୍ କିଲେଟନ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ । ଯଦି କୌଣସି ଯୁଦ୍ଧ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସେନାଧ୍ୟକ୍ଷ ହାରିଯିବାର ସୁଚନା ପାଏ ତେବେ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଟାକଟିକାଲ ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରିବ ଏବଂ ଶତ୍ରୁପକ୍ଷ ତାଠାରୁ ବଳି ବୋମା ପ୍ରୟୋଗ କରିବ, ଏବଂ ଯୁଦ୍ଧ ଆଗେଇ ଚାଲିବ । ଏଥିରୁ ଅନୁମାନ କରିବାକୁ କଷ୍ଟ ହେବ ନାହିଁ ଯେ ପରମ୍ପରାରେ ପରିଣତ କରି ହେବ ।

ତୃତୀୟ ସମ୍ଭାବନା ଏହି ଯେ ଗୋଟିଏ ପକ୍ଷରେ ଯଦି ଏହି ପମେ'ଣର ବୋମା ମହଜୁଦ୍ ଥାଏ ତେବେ ଆକ୍ରମଣ କରିବା ପ୍ରଥମେ ଶତ୍ରୁ ସୁବିଧାଜନକ ଏବଂ ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣ ଏପରି ପ୍ରକଣ୍ଡ ଧରଣର ହୋଇଥାଏ ଯେ ଶତ୍ରୁପକ୍ଷର 30,000 ମେଗାଟନ ବୋମା ମହଜୁଦ୍ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ ସେଥିରୁ କିଛି ପ୍ରୟୋଗ କରି ଷଡ଼ଯାଧନ କରିବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇପଡ଼େ । ଯଦି ପ୍ରଥମପକ୍ଷର ଆକ୍ରମଣ କରିବାର ଯଥେଷ୍ଟ ସୁବିଧାଥାଏ ତେବେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Balance of Terror କାର୍ଯ୍ୟ କରି ନ ଥାଏ । ରାଜନୈତିକ ଅସ୍ଥିରତା ଘନେଇ ଆସିଲେ ଉଭୟ ପକ୍ଷ ଭବନ୍ତି ଯେ ଅନ୍ୟପକ୍ଷ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭ କରିପାରେ । କିନ୍ତୁ ଯୁଦ୍ଧ ପ୍ରଥମେ କିଏ ଆରମ୍ଭ କରିବ ? ଏକ ପକ୍ଷଭାବେ ଅନ୍ୟପକ୍ଷ ପ୍ରଥମେ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭ କରୁ ।

ବିଗତ କିଛି ବର୍ଷ ହେବ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ପଦ୍ଧତି କରି ପ୍ରତ୍ୟେକ ପକ୍ଷ ଏହାକୁ ପ୍ରମାଣିତ କରିବାକୁ ଚାହେଁ ଯେ ଯଦି ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭ କରେ ତେବେ ତାର ଠିକଣା ଜବାବ ଦେବା ନିମିତ୍ତ ଏ ପକ୍ଷର ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତିସାମର୍ଥ୍ୟ ଅଛି । ଏହାଦ୍ୱାରା କେବଳ ଉତ୍ତ-ପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଇଥାଏ । ମାରଣାସ୍ତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଏହି ଉତ୍ତପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଇଥାଏ । ବୋମା ନିର୍ମିତ ହେବାପରେ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଯୁଦ୍ଧକ୍ଷେତ୍ରକୁ ବୋହୁନେବା ହେଲେ ପ୍ରଧାନ ସମସ୍ୟା । ଏହି ବୋହୁନେବା କାର୍ଯ୍ୟ ଯୋଗାଣପଦ୍ଧତି (Delivery system) ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । ତେବେ ଆମେରିକାର କେତେକ କଣ ଅଛି ତାହା ଜାଣିବା ସହଜ; କାରଣ ଏଗୁଡ଼ିକ ଶୀଘ୍ର ପ୍ରକାଶ ପାଇଥାଏ । ରୁଷିଆ ବିଷୟରେ କହିବା କଠିନ ତେବେ ଗୋଟିଏ ସାଧାରଣ ବିଷୟ

ଏହି ସେ ଯଦି କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସମସ୍ୟା ଉତ୍ପନ୍ନ, ଏବଂ ଆମେରିକାକୁ ଯଦି ତାର ସମାଧାନ ଜଣା, ତେବେ ରୁଷିଆ ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୁଏତ ୬ ମାସ ପୂର୍ବରୁ କରାଯାଇଥିବ ବା ୬ ମାସ ପରେ କରିବ । ଯେତେବେଳେ ଆମେରିକାର ସମସ୍ୟା ବିଷୟ ଆଲୋଚନା ହେଉଥିବ, ସେତେବେଳେ ରୁଷିଆ ହୁଏତ ସେଗୁଡ଼ିକର ସମାଧାନ କରୁଥିବା ବା କରିପାରିଥିବ । କାହାର କେତୋଟି ରକେଟ, ଉଡ଼ାଜାହାଜ ଅଥବା ତାହା ବର୍ଷ୍ଟିନା କରିବା ସହଜ ନୁହେଁ । ତେବେ ଏହା କମ୍ ।

ଏହି ଯୋଗାଣ ପଦ୍ଧତିର ବିମାନ ଏକ ଅଂଶ ଅଟେ । ସେଗୁଡ଼ିକୁ V ବୋମାବର୍ଷୀ ବିମାନ କହନ୍ତି । ଆମେରିକାୟ ମଡେଲଗୁଡ଼ିକ ହେଲା B47, B52, B58 । B47 ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି 600 ମାଇଲରେ ଗତି କଲେବେଳେ B53 1200 ମାଇଲ ବେଗରେ ଗତି କରିଥାଏ । ଏମାନଙ୍କର ବିସ୍ତାର (Range) 8000 ମାଇଲ । 10-20 ମେଗାଟନ ବୋମା ନେଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ପୁନର୍ବାର ଇନ୍ଦ୍ରିୟ କରି ଶତ୍ରୁପକ୍ଷ ଉପରେ ଆକ୍ରମଣ କରି ଏହି ବିମାନଗୁଡ଼ିକ ଫେରି ଆସିପାରିବେ । ଆମେରିକାୟ ଫ୍ଲିଟ (Fleet)ରେ ଏହିପରି ଗ୍ରାସ 1500 ବିମାନ ଅଛି । B58 ଏକ ବ୍ୟସ୍ତ୍ରାପେକ୍ଷ ବୋମାବର୍ଷୀ ବିମାନ । B58 ଓଜନର ସୁନାର ମୂଲ୍ୟ ଯେତକି ଏହାର ନିର୍ମାଣବ୍ୟୟ ଗ୍ରାସ୍ ସେତକ । ଯଦି ଅଧରପକ୍ଷ ପ୍ରଥମେ ଆକ୍ରମଣ କରେ ତେବେ ଏହି ବିମାନଗୁଡ଼ିକ ଦୁଇଟି ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୁଅନ୍ତି । ପ୍ରଥମଟି ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇ ଭୁପୃଷ୍ଠରୁ ଉଠିଲବେଳକୁ ଅପରପକ୍ଷର ବୋମାବର୍ଷଣ ଫଳରେ ସମ୍ଭବେ ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ବିପଦରୁ ରକ୍ଷାପାଇବା ନିମନ୍ତେ ଫ୍ଲିଟର ଗ୍ରାସ୍ ଅର୍ଦ୍ଧେକଙ୍କୁ 15 ମିନିଟ ମଧ୍ୟରେ ସତର୍କ ହେବାକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ଗ୍ରାସ୍ 500 ବିମାନ ପତ୍ତର ମିନିଟ ମଧ୍ୟରେ ଯୁଦ୍ଧ ନିମନ୍ତେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଉଠି ଆସିପାରିବେ । ସତର୍କକାଳ ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ରାସ୍ 200 ବିମାନ 2000-4000 ମେଗାଟନ ବିସ୍ଫୋରକ ଦ୍ରବ୍ୟନେଇ ଆକାଶମାର୍ଗରେ ପର୍ଯ୍ୟଟନ ମାରନ୍ତି । ଦ୍ଵିତୀୟ ବିପଦ ହେଲା ଉପରକୁ ଉଠି ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥଳରେ ପହଞ୍ଚିବା ପୂର୍ବରୁ ଶତ୍ରୁପକ୍ଷ କମାଣ ଦ୍ଵାରା ତଳକୁ ଖସିଥାନ୍ତି । ଏ ଫଳାନ୍ତରେ କୃଷ୍ଣେଇ ଥରେ କହିଥିଲେ Russians could "hit a fly in space" । ଅର୍ଥାତ୍ ରୁଷିଆ ବାସୀମାନେ ଆକାଶରୁ ମାଛକୁ ମଧ୍ୟ ଗୁଳି କରି ଖସାଇ ଦେଇପାରିବେ । ଅବଶ୍ୟ ଏହି ଉକ୍ତି ଅତିରକ୍ତିତ ବୋଲି ମନେହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ରୁଷିଆବାସୀମାନେ 42କୁ ଗୁଳିକରି ତଳକୁ ଖସାଇଲେ ସେତେବେଳେ ସମସ୍ତଙ୍କର ଧାରଣା ହେଲା ଯେ ସେମାନେ ବାସ୍ତବରେ ମାଛକୁ ମଧ୍ୟ ଖସାଇ ଦେଇପାରିବେ । ରୁଷିଆର ପ୍ରତି ବିମାନବିଧ୍ଵଂସୀ (Antiaircraft) ଅତି ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଯେହେତୁ ଆମେରିକାର ଭୁପୃଷ୍ଠରୁ ଆକାଶକୁ ନିକ୍ଷେପିତ ହେଉଥିବା କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Ground to Air Missile) ଅତି ପ୍ରଭାବଶାଳୀ । Nike-zeus ମାରଣାସ୍ତ୍ର ଏକ ପ୍ରକାର କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର ଏବଂ ଏହା ଅତି

ପ୍ରସ୍ତୁତକାରୀ । ଯେଉଁ ନଗରକୁ Nike-zeus ରକ୍ଷା କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ ତାହାର ଅନ୍ୟ କେହି କ୍ଷତି କରିପାରିବେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଏଗୁଡ଼ିକ ବର୍ତ୍ତମାନ ଅତଳ ହୋଇଗଲାଣି ।

(Thors) ଏବଂ (Jupitors)ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟମ ବିସ୍ତାର କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Intermediate Range Ballistic Missile) ଅଟନ୍ତି । ଏମାନଙ୍କର ଦୈର୍ଘ୍ୟପ୍ରତି ବେଗ 10,000 ମାଇଲ । ଏମାନେ 2-ମେଗାଟନ୍ ଭାରଦଳନ କରିଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ବିସ୍ତାର ହେଲେ 2000 ମାଇଲ । କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ଅଧିକାଂଶ ହେଲେ ଏଗୁଡ଼ିକ ବହୁଦୂର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷେପଣ କରିପାରିବେ ନାହିଁ । ଯେଉଁଠି ବାହାରିବାକୁ ପଡ଼େ ସାମରିକବାଟୀ (Military Base) ସ୍ଥାପନ କରିବାକୁ ପଡ଼େ, ବ୍ରିଟେନରେ 60 Thors, ଜର୍ମାନୀରେ 30 Jupitors ଏବଂ ଚୁକ୍ ଗୋଟିଏ 15) । କ୍ୟୁବା ସମୟରେ ସମାଧାନବେଳେ ଏହି କ୍ଷୁଦ୍ର ବିସ୍ତାର ବଳାୟିତାର ଦାବି କରିବାରେ ଚୁକ୍ ଅତି ଉତ୍ସାହୀତ କରାଯାଇଥିଲା । ଏମାନଙ୍କର ବେଗ ପ୍ରାୟ ଦଶଗୁଣ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ କୁଦୃଷ୍ଟ ଗୁଡ଼ିକାପତ୍ରର ଶୀଘ୍ରଯାତ୍ରା ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥଳରେ ପହଞ୍ଚିଥାନ୍ତି, ଏବଂ ପ୍ରତି ଆକ୍ରମଣର ଉତ୍ତର ମଧ୍ୟ କମ ଥାଏ । ଅପୂର୍ବତା ଏହା ଯେ ଏହି ରକେଟଗୁଡ଼ିକ ତରଳ ଜଳିନ ବ୍ୟବହାର କରିଥାନ୍ତି ଏବଂ ଅତି କମ୍ରେ ଗୁଲିବୁଲନା ଆରମ୍ଭ କରିବାକୁ 15 ମିନିଟ୍ ଲାଗିଯାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସତର୍କ ହେବାକୁ 4 ମିନିଟ୍ରେ ଅଧିକ ସମୟ ମିଳିନଥାଏ । ଯଦି ଅଧିକ କାଳକ୍ଷେପଣ କରାଯାଏ ତେବେ ଅପରାଧ ପ୍ରଥମେ ଆକ୍ରମଣ କରିବାର ସମ୍ଭାବନା ଖୁବ୍ ଅଧିକ । ଏଗୁଡ଼ିକ ବିପଦସୃଷ୍ଟି ମାତ୍ରାସ୍ତ୍ର କାରଣ ଶୀଘ୍ରପକ୍ଷକୁ ଆକ୍ରମଣ କରିବାକୁ ପ୍ରଥମ ସୁଯୋଗ ଦେଇଥାଏ । ଯଦି ଯୁଦ୍ଧକ୍ଷେତ୍ରରେ ତେବେ ଏଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଥମେ ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଯୁଦ୍ଧରେ ଉନ୍ନତଧରଣରେ ପୋଲରସ କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Polars missile)ଗୁଡ଼ିକୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ ଓ ଗୁଣାବଳୀ କୌଣସି ମଧ୍ୟ ବିସ୍ତାର କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର ସଦୃଶ । ଏଗୁଡ଼ିକ ରୁଡ଼ାକାହାଜରେ ବୁଡ଼ି ରହିଥିବାରୁ ଶୀଘ୍ରପକ୍ଷର ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣରେ ରକ୍ଷା ପାଇଥାନ୍ତି । ଶୀଘ୍ର ରକ୍ଷାକରିବାକୁ ଚାହୁଁଲେ ପ୍ରଥମେ ଆକ୍ରମଣ କରାଯାଏ ଉଚିତ ନୁହେଁ । ଯଦି ପୋଲରସ ରୁଡ଼ାକାହାଜ ଅଛି ତେବେ ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣ ପରେ ମଧ୍ୟ ଏଥିରୁ ଆକ୍ରମଣର ମୁକାବିଲା କରିହେବ ।

ଏହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଆନ୍ତର୍ମହାଦେଶୀୟ କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Inter Continental Ballistic missile)ର ସୃଷ୍ଟିହେଲା । Atlas ଓ Titan I ଏହାର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଏମାନଙ୍କର ଗତି ଦୈର୍ଘ୍ୟପ୍ରତି 20,000 ମାଇଲ ଏବଂ ବିସ୍ତାର 8000 ମାଇଲ । ଏହା ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥଳର ଦୁଇମାଇଲ ଆଗକୁ ବା ପଛକୁ ସଠିକ୍‌ରୂପେ ଗୁଲିକରିପାରେ । 5-10

ମେଗାଟନ ଓଜନର ବୋମା ବହନ କରିପାରନ୍ତି । ତଥାପି ଏହି ରକେଟଗୁଡ଼ିକ ତରଳ ଜଳୀୟ ଉପଯୋଗ କରି ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେବାକୁ 15 ମିନିଟ୍ ସମୟ ନେଇଥାନ୍ତି ।

ତାପରେ Titan IIର ସୃଷ୍ଟି । ଏହା ମଧ୍ୟ ତରଳ ଜଳୀୟ ଉପଯୋଗ କରୁଥିବା ରକେଟ୍ । ଏହା ବହୁପର୍ଯ୍ୟାୟର ଭାର ବହନ କରିପାରେ । ଏହା Titan I ଅପେକ୍ଷା ବଡ଼ ଏବଂ ଏହାକୁ ଭୂଗର୍ଭରେ ଗର୍ଭିକସ୍ଥାପନ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଗର୍ଭିମୁଖରେ 250 ଟନ ଓଜନର କଂକ୍ରିଟ୍ ଡାଲ ରଖାଯାଇଥାଏ ଯଦ୍ୱାରା ଉତ୍ତମ ରୂପେ ଆକ୍ରମଣରୁ ରକ୍ଷା ପାଇଥାଏ, ଏହି କଂକ୍ରିଟ୍ ଡାଲ ଫଟାଇ Titan II ଉପରେ ଆକ୍ରମଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ 10 ମେଗାଟନ ବୋମା ଏହି ଡାଲ ଉପରେ ଫଟିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି Titan II 2 ମିନିଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇ ଆକ୍ରମଣ କରିପାରିବ । କଂକ୍ରିଟ୍ ଡାଲ ଖୋଲି ବାହାରକୁ ଆସିବା ନିମିତ୍ତ 2 ମିନିଟ୍ ସମୟ ଲାଗିଥାଏ ।

ତାପରେ ସୃଷ୍ଟି ହେଲା Minuteman । ଏଗୁଡ଼ିକ ପୋଲାର ସ୍ପିଙ୍ଗିଂ କିନ୍ତୁ ଭୂ ଗର୍ଭରେ ରହେ । ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି ଗତି 15,000 ମାଇଲ ଏବଂ ବସ୍ତାର 6000 ମାଇଲ ଅଟେ । ଏମାନେ ଏକ ମେଗାଟନ ଭାର ନେଇ ପାରନ୍ତି । ପୋଲାର ସ୍ପିଙ୍ଗିଂ ନାହାନ୍ତି ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣରେ କ୍ଷତିଗ୍ରସ୍ତ ହୋଇ ନଥାନ୍ତି, ନାରୀଣ ସେଗୁଡ଼ିକ କେଉଁଠି ଅଛନ୍ତି ଜାଣିବା ମୁସ୍ତି । (Minuteman) ମଧ୍ୟ ଭୂ ଗର୍ଭରେ ରହୁ ଥିବାରୁ ସଠିକ୍ ଭାବେ ଜାଣିବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣରେ ଏମାନଙ୍କର ମଧ୍ୟ କ୍ଷତି ହୋଇ ନଥାଏ ।

ଆମେରିକା ଏପରି ପରୀକ୍ଷା କରୁଛି ଯେଉଁ ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରୁ ଅଗୁଣ କିମ୍ବା ଆକ୍ରମଣ ଦ୍ୱାରା ଏହାର କିଛି କ୍ଷତି ନ ଘଟେ ।

ଆକ୍ରମଣ ଓ ପ୍ରତି ଆକ୍ରମଣ କିପରି ଓ କାହାଦ୍ୱାରା ହୋଇପାରିବ, ତାହାର ଅଲୋଚନା କରାହେଲା । ଆକ୍ରମଣ ସମୟରେ ଓ ପୂର୍ବରୁ କିପରି ସତର୍କ ହେବାକୁ ପଡ଼ିବ ଏବଂ ସତର୍କମୂଳକ ସଂକେତ କେଉଁଠାରୁ ଓ କିପରି ମିଳି ପାରିବ ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ସତର୍କ ମୂଳକ ସଂକେତ BMEWS—Ballistic Missile Early Warning Systemରୁ ମିଳିଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ରାଡାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ ଦ୍ୱାରା 4 ମିନିଟ୍ ପୂର୍ବରୁ ସତର୍କ ମୂଳକ ସଂକେତ ମିଳିଥାଏ । ଏହାକୁ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ । MIDAS—Missile Defence Alarm System—ଏଥିରେ 400 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ବିଶିଷ୍ଟ ଉପଗ୍ରହ ସ୍ଥାପନା ଭାବେ କକ୍ଷ ପଥରେ ଦୂରଥାଏ । ଏହି ଉପଗ୍ରହ, ରକେଟରୁ କମାଣ କରିବା ସମୟରେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଉଥିବା ଜଳ-ପ୍ରାରେତ୍



ରଣିକୁ ଗ୍ରହଣ କରି ଏହାର ସୁରକ୍ଷା ଦେଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସାଧାରଣ ରାଡାର, ରକେଟକୁ ଚିହ୍ନଟକରି କେବଳ ଦେଖିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ପଥରେ ଏହାପରି କେତେଗୁଡ଼ିଏ ରକେଟ୍ ଘୁରି ଚାଲୁଛନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ବାଦଲରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହେଉଥିବା ରଣି ଓ ରକେଟରୁ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ରଣି ମଧ୍ୟରେ ତତ୍ପରା ଜାଣିବା ମୁଷ୍ଟିଲି ହୋଇପଡ଼େ । ଯଦି ଉଭୟ ପକ୍ଷ ସମାଗ ଅଛନ୍ତି ଏବଂ ରକେଟ ନିର୍ଗତ ରଣି ବା ସୂର୍ଯ୍ୟଲୋକକୁ ଚିହ୍ନି ହେଉନାହିଁ ତେବେ ଉଭୟଙ୍କ ମନରେ ସନ୍ଦେହ ଜନ୍ମେ । ତେଣୁ ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଯାହା ଆକାଶ ମାର୍ଗରେ ଉଡ଼େ ତାହାର ଗତିପଥ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ପୃଥିବୀ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ବରେ ପ୍ରାୟ 100ରୁ 150 ରକେଟ ଓ ଉପଗ୍ରହ ପରିଚାଳା କରୁଛନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ଗତିପଥ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥେପନ ଅଛି । ଏବଂ ଯଦି ନୂତନ ବସ୍ତୁ ଉଡ଼ିବାର ଦେଖାଯାଏ ତେବେ ସେମାନେ ରେକର୍ଡ୍ କରିଥାନ୍ତି ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରତି-କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Anti-Missile-Missile) ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରିବା । ପୋଲାରସ ଓ ମିଲୁଟମ୍ୟାନକୁ ପ୍ରତିହତ କଲେଲି ମାରଣାସ୍ତ୍ର ହେଉଛି Nike-Zeus ଶ୍ରେଣୀର । ପ୍ରଥମେ ରକେଟର ଛାନ ନିରୂପଣ କରି ଏହାର ଲକ୍ଷ୍ୟ ସ୍ଥଳକୁ ଅନୁମାନ କରାଯାଏ । ତାପରେ Nike-Zeusରୁ ଏପରି ଗୁଳି କରାଯାଏ ଯେ ପ୍ରକ୍ଷେପ ପଥ ଦେଇ ଗତିକରେ । ଏହାକୁ “(Hitting a Bullet with a Bullet)” ଗୁଳିକୁ ଗୁଳି ଦ୍ବାରା ଅଂତାତ କରିବା କହନ୍ତି । ତାପରେ ରକେଟ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିଲାକ୍ଷଣି ପ୍ରତି-କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର-କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ରକୁ ପ୍ରାରମ୍ଭ କରି ଗୁଳି କରାଯାଏ । ଏ ସବୁ କରିବା ବଡ଼ ଦୁରୁହ ବ୍ୟାପାର । ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ବାହାରେ ରକେଟ ବ୍ୟାସ୍ତ୍ର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ବାରା କ୍ଷତି କରାଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ଯୁଦ୍ଧ ଭେଳା (Warhead) ବ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ପଡ଼ିବ । ଏଥିରୁ ଗାମାରଣି ବା ନିଉକ୍ଲିନ୍ କୁ ବ୍ୟବହାର କରି କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ରକୁ ନଷ୍ଟ କରିବାକୁ ପଡ଼ିବ । ଆକ୍ରମଣ ନିମିତ୍ତ ଯେତେ ଯେତେ ନୂତନ ପଦ୍ଧତି ଉଦ୍ଭାବିତ ହେଉଛି, ଆକ୍ରମଣକୁ ପ୍ରତିହତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଅନୁରୂପ ପଦ୍ଧତି ମଧ୍ୟ ଉଦ୍ଭାବିତ ହେଉଛି । ଏହା ସବୁ ନିର୍ଭର କରୁଛି ରାଡାର ଘଟଣା ଉପରେ । ଯଦି କୌଣସି ପ୍ରକାରରେ ରାଡାର ଅଚଳ ହୁଏ, ତେବେ ପ୍ରତିରକ୍ଷା ପଦ୍ଧତି ମଧ୍ୟ ଅଚଳ ହୋଇଥାଏ । ରକେଟ ନିଜ ଚଳୁବ୍ୟ ପଥରେ ନ ଯାଇ ଆଉ କେତେକ ନକଲି ରକେଟକୁ ଛୁଡ଼େ ଏବଂ ରାଡାର ଏହାକୁ ଅପଲି ରକେଟ ଭାବି ସଂକେତ ଦେବାଦ୍ବାରା ପ୍ରତି-କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର-କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର ଏହୁ ନକଲି ରକେଟ୍ ଉପରେ ଆକ୍ରମଣ ତଳାଏ । ଫଳରେ ପ୍ରତିରକ୍ଷା ବ୍ୟବସ୍ଥା ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ICBM କବଳରୁ ରକ୍ଷା ପାଇବା ନିମିତ୍ତ ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୌଣସି ପ୍ରତିରକ୍ଷା ବ୍ୟବସ୍ଥା ଉଦ୍ଭାବନ ହୋଇନାହିଁ ।

## ଷଷ୍ଠ ଅଧ୍ୟାୟ

ପରମାଣୁର ଶାନ୍ତ କାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ  
(Peaceful Uses of Atomic Energy)

ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଓ ଏହାର ଉପଯୋଗ  
(Utilisation of Radiation)

ଶିଳ୍ପ କ୍ଷେତ୍ରରେ

(୧) ପ୍ରାକୃତିକ ତୈଳ ସନ୍ଧାନ ନିମିତ୍ତ—

ପ୍ରାକୃତିକ ତୈଳର ସନ୍ଧାନ ପାଇବା ଏକ କଠିନ ବ୍ୟାପାର । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଯନ୍ତ୍ରପାତି ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ବାରା ଏହା ସହଜସାଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । ତୈଳ ସନ୍ଧାନ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରାକୃତିକ ଓ କୃତ୍ରିମ ଭୂକମ୍ପନ ଗୁଡ଼ିକ ଭୂକମ୍ପ ଲେଖ (Seismo Graph) ସାହାଯ୍ୟରେ ଅନୁଧ୍ୟାନ କରାଯାଏ । ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ତରର ପରିଚୟ ଏଥିରୁ ମିଳିଥାଏ । ଯଦି ତୈଳଯୁକ୍ତ ସ୍ତରର ଆକାଶ ମିଳେ, ତେବେ ମୃତ୍ତିକା ଭେଦ କରି ସେହି ସ୍ତର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନଳ ପ୍ରେରଣ କରାଯାଏ ଏବଂ ସେହି ସ୍ତରର ମୃତ୍ତିକା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଏ, ଭୂକମ୍ପନ ପରୀକ୍ଷା ତୈଳସ୍ତର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକ ନିର୍ଭର ଯୋଗ୍ୟ ପରୀକ୍ଷା ରୂପେ ପରିଗଣିତ ହୋଇ ଆସୁଥିଲା । ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ବାରା ଏହା ଆହୁରି ସୁଗମ ହୋଇଛି ।

କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ମୃତ୍ତିକାସ୍ତର ବିଷୟରେ ଜାଣିବାକୁ ହେଲେ ଏକ ଗଭୀର ଗର୍ତ୍ତ କରାଯାଏ । ସେହି ଗର୍ତ୍ତ ଭିତରକୁ ଡାବୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବିକିରଣ କରୁଥିବା ତେଜସ୍ବିୟ ପଦାର୍ଥ ଏକ ପାତ୍ରରେ ଏବଂ ଗାମା ରଶ୍ମି ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଯନ୍ତ୍ରଟିଏ ଅନ୍ୟ ପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ । ତେଜସ୍ବିୟ ପଦାର୍ଥରୁ ଡାବୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରସ୍ତରରେ ଥିବା ବିଭିନ୍ନ ପରମାଣୁ ସହ ସଂଘର୍ଷ କରି

ଗାମାଉଣ୍ଟି ଉତ୍ପାଦନ କରିଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରସ୍ତରର ଗାମାଉଣ୍ଟି ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମତା ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ ଗାମା ରଣ୍ଟି ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଯନ୍ତ୍ରରେ ନିର୍ଭୁଲ ଭାବେ ମୂର୍ତ୍ତିକା ସ୍ତର ଓ ତୈଳସ୍ତର ନିରୂପଣ କରିହୁଏ । ଜଳରେ ସୋଡ଼ିୟମ ଧାତୁ ପରମାଣୁ ସାଧାରଣତଃ ମିଶିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ତୈଳରେ ଏହା ନ ଥାଏ, ସୋଡ଼ିୟମ ଧାତୁ ପରମାଣୁ ଡାକ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସହ ଫିସ୍ସା କରି ତେଜସ୍ବିୟ ହୁଏ ଏବଂ ଯେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତେଜସ୍ବିୟ ସୋଡ଼ିୟମ ପରମାଣୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ହୁଏ ସେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳସ୍ତରର ସ୍ଥିତି ବଦଳିବାକୁ ପଡ଼େ । ଯେତେବେଳେ ଏହି ପରମାଣୁ ହ୍ରାସ ବା ଲୋପ ପାଏ ସେତେବେଳେ ତୈଳସ୍ତରର ଅବସ୍ଥିତି ନିର୍ଭୁଲ ଭାବେ ଜାଣି ହୁଏ ।

## (୨) ତୈଳ ନଳରେ ପ୍ରବାହ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ

(Flow Control in Oil Pipe Lines)—

ତୈଳ କୁପରୁ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ତୈଳ ନିଷ୍କାସନ ହେବା ପରେ ଶୋଧନାଗାରକୁ ପଠାଇବା ନିମିତ୍ତ ବିଭିନ୍ନ ନଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ନଳ ବସାଇବା ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ ହୋଇଥିବାରୁ ଗୋଟିଏ ନଳରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ତୈଳ ପଠାଇବା ବେଳେ ବେଳେ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଫେପ୍ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ବାରା ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ତୈଳ ଗୋଟିଏ ନଳ ମଧ୍ୟରେ ପଠାଯାଇ ପାରେ । ପ୍ରଥମ ତୈଳର ଶେଷ ଅଂଶ ଓ ଦ୍ବିତୀୟ ତୈଳର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଫେପ୍  $Sb^{124}$  ଯୁକ୍ତ ତୈଳ ରଖାଯାଏ । ତୈଳବାହୀ ନଳ ଉପରେ ଗାଇନର ରଣ୍ଟି ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ମଧ୍ୟ ରଖାଯାଇଥାଏ । ପ୍ରଥମ ତୈଳର ପ୍ରବାହ ଶେଷ ହୋଇ ଆସିଲେ ରଣ୍ଟି-ନିର୍ଦ୍ଦେଶକରେ ରଣ୍ଟିର ଡାକ୍ତତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଏବଂ ଦ୍ବିତୀୟ ତୈଳର ଆଗମନ ଜଣା ପଡ଼ିଥାଏ । ଏହି ରଣ୍ଟି ସ୍ବୟଂଚାଳିତ ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକୁ ଏପରି ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଦିଏ ଯେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ତୈଳ ସେମାନଙ୍କ ନିମିତ୍ତ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ



ଶୋଧନାଗାରକୁ ଚାଲିଯାଏ । ଫଳରେ ବିଭିନ୍ନ ତୈଳ ଗୋଟିଏ ନଳରେ ଆସିଲେ ମଧ୍ୟ ଶୋଧନ କ୍ରିୟାରେ କୌଣସି ବ୍ୟାଘାତ ଘଟେ ନାହିଁ । ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ଯନ୍ତ୍ର ଏପରି କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ଯେ ନୂତନ ତୈଳ ଆଗମନ ସଂକେତପାଇ ମଧ୍ୟ କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କୁ ବିଚଳିତ ହେବାକୁ ପଡ଼େ ନାହିଁ ।

## ତୈଳ ଶିଳ୍ପରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ପ୍ରୟୋଗ—

ନୂତନ ନଳଗୁଡ଼ିକର କାନ୍ଥରେ କିଛି କାଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତୈଳ ପଠାଯିବା ଦ୍ୱାରା ମଜଲା ବସିଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକୁ ପଶ୍ଚିମ ନଳଲେ ତୈଳ ପଠାଇବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇଉଠେ, ସେଥିନିମିତ୍ତ ସ୍କ୍ରାପର (Scraper) ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଦୁଇଟି ଶକ୍ତ ରବର ଓଷାସର, ଗୋଟିଏ ଷାଫ୍ଟ ସାଫ୍ଟ (Shaft) ନେଇ ଏହି ସ୍କ୍ରାପର ଗଠିତ । ନଳର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତରୁ ବାୟୁ ସଂଚ୍ଚପନ ଦ୍ୱାରା (Air Compression) ଏହି ସ୍କ୍ରାପରକୁ ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ପଠାଯାଏ । ଯଦି ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଏହା ନଳ ମଧ୍ୟରେ ଅଟକି ଯାଏ ତେବେ ଏହାର ସଠିକ ଅବସ୍ଥିତି ଜାଣିବା ଓ ଏହାକୁ ବାହାର କରାଯିବା କଠିନ ବ୍ୟାପାର ହୋଇପଡ଼େ । ନିକଟ ଅତୀତରେ ତେଜସ୍ୱିୟ ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହାର କରି ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ କରାଯାଇଛି । ସ୍କ୍ରାପର ସହ 50 ମିଲିକ୍ୟୁରୀ  $Co^{60}$  ଗୋଟିଏ ଆଲୁମିନିୟମ ପାତ୍ରରେ ରଖି ଦିଆଯାଏ । ଗାଇଗର ରଖି ଗଣନା ନଳ ବାହାରୁ ଏହି ତେଜସ୍ୱିୟ ଉତ୍ସରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଉଥିବା ଗାମାରଶିଳ୍ପକୁ ଗ୍ରହଣ କରି ନିର୍ଭରଶୀଳତା ସ୍କ୍ରାପରର ଅବସ୍ଥିତି ଦର୍ଶାଇଥାଏ ।

## ୪ । ଲୌହ ଶିଳ୍ପରେ ପ୍ରୟୋଗ—

( ଗାଣ୍ଡି ଲୌହ ଉତ୍ପାଦନ )

Blast furnaceରେ ଲୌହ ପ୍ରସ୍ତର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ ସହ ମିଶି ନାନାପ୍ରକାର ଜଟିଳ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା କରି ଲୁହାରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଲୁହାରୁ ପରେ ଇସ୍ପାତ ମିଳେ । ଲୁହାରେ ଦୋଷସଂକ୍ତି ଥିଲେ ଉତ୍ତମ ଇସ୍ପାତ ପାଇବା କଷ୍ଟକର ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଚାଲିଥିଲାବେଳେ ଏଥିରୁ ଅବାସ୍ଥାନୀୟ ବସ୍ତୁ ଫସଫରସକୁ ଦୂର କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ପ୍ରଥମରୁ ଲୌହ ପ୍ରସ୍ତରରେ ତେଜସ୍ୱିୟ ଫସଫରସ ମିଶାଇ ଦିଆଯାଏ । Blast furnaceରୁ ବାହାରୁଥିବା ତରଳ ଧାତୁମଳ (Slag) ରେ ତେଜସ୍ୱିୟ ଫସଫରସ ବାହାରିଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ତେଜସ୍ୱିୟତାର ଖବର ଗାଇଗର ରଖି ଗଣନା ଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହିପରି ଇସ୍ପାତରୁ ଅବାହତ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ କେତେବେଳେ ଧାତୁମଳରୁ ଗଲ ଜାଣିହୁଏ ଏବଂ ଅତି ସହଜରେ



ଏଥିରୁ ତାହା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଇଞ୍ଜିନର ବାଷ୍ପ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ, ବାଷ୍ପ ପରିବହନ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ବଡ଼ ବଡ଼ ନଳ, ପୋଲ ପକାଣେ ବଡ଼ ଲୁହାକଢ଼ି, ଲାହାଲର ପ୍ରଧାନ ଅଙ୍ଗ ପ୍ରଭୃତି ପକାଣେ ଯେଉଁ ଭଲେଇ କାମ ହୁଏ ତାହା ବିନା ପରୀକ୍ଷାରେ ଲୁହା କାରଖାନାରୁ ବାହାରକୁ ପଠାଯାଏ ନାହିଁ ।

## ୭ । ମୋଟେଇ ମାପ (Measuring Thickness)

ଲୁହା କାରଖାନାରେ ପତଳା ଚଦର ପ୍ରସ୍ତୁତ ନିମିତ୍ତ ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ପୂର୍ବରୁ ଚଦରର ମୋଟେଇ ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ କଲ ବନ୍ଦ କରି ମାଲ-ହୋମିଟର ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ ହେଉଥିଲା । ଏହାଦ୍ବାରା ନିରବହୁନଶ୍ଚକ ଲୁହାଚଦର ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇପାରୁ ନଥିଲା । କିନ୍ତୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ତେଜସ୍ବିୟ ପରମାଣୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ମୋଟେଇ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଯନ୍ତ୍ର ମନକୁ ମନ ଲୁହା ଚଦର ମୋଟେଇ ଲକ୍ଷ୍ୟକରି ଚାଲିଥାଏ । କୌଣସି କାରଖାନା ଯଦି ଚଦର ମୋଟେଇ କମ ବା ବେଶି ହୋଇଯାଏ ତେବେ ସେ ଯନ୍ତ୍ର ସେତିକି ଚଦର କାଟି ବାହାର କରି ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ଚଦର ପ୍ରସ୍ତୁତ କରେ । ଏହି କଲରେ ବ୍ୟବହୃତ ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପରୁ  $\beta$  କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ ।  $\beta$  କଣିକା ଅଳ୍ପ ମୋଟେଇ ଚଦର ଭେଦ କରେ । ଯଦି ଚଦର ମୋଟେଇ ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ  $\beta$  କଣିକା ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଖୁବ୍ କାମ ଯାଇଥାଏ । ଏହି ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଉପରେ ଯନ୍ତ୍ରଟି ଚାଲିଥାଏ । ଲୁହା ଚଦର ପ୍ରସ୍ତୁତ କରୁଥିବା କଲରେ ଚଦର ଉପର ପାଖରେ ଓ ଅତି ନିକଟରେ ଗୋଟିଏ ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପ ପାଖ ଖୋଦାଏ ଯେଉଁଥିରୁ  $\beta$  କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୁଏ । ଲୁହା ପାତ ଭେଦ କରି କେଉଁ ପରମାଣୁର ରଶ୍ମି ତଳକୁ ଯାଉଛି ତାହା ପାତ ତଳେ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଜଣାପଡ଼େ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ପରମାଣୁର  $\beta$  କଣିକା ନ ପାଇଲେ ମନକୁ ମନ ଅନ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ର ଚଳାଇ ଲୁହାପାତର ମୋଟେଇକୁ ଏପରି ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରେ ଯେପରି ଷଣ୍ଠିକ ମଧ୍ୟରେ ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ମୋଟେଇର ଚଦର ଚାଲିଥାଏ ।

କାଗଜଫର୍ଦ୍, ସିଲିକୋନ, ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ ଓ ରବର ପ୍ରଭୃତିର ମୋଟେଇ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ ନିମିତ୍ତ ମଧ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି ।

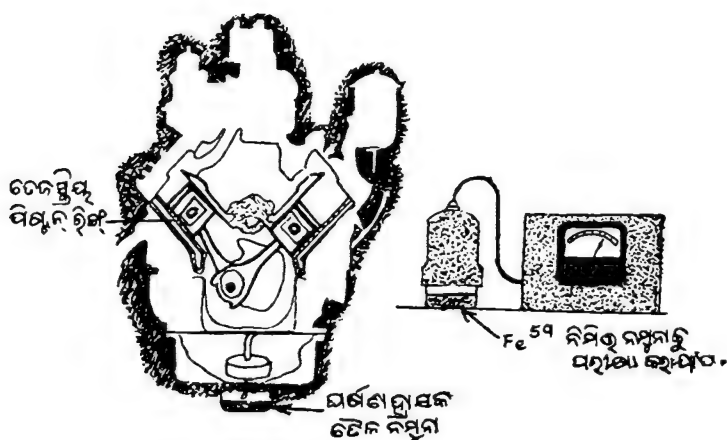
## ୭ । ବୁଲ୍ବ କିନ୍ତୁର କ୍ଷୟ ନିରୂପଣ (Wear Infurnace Walls)

ବୁଲ୍ବ ଫରନେସ୍ ଭିତରେ ଗ୍ରହାକ୍ଷରୀ ଇଟା 2-3 ଫୁଟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦିଆଯାଇଥାଏ । କିଛି ବର୍ଷ ବ୍ୟବହାର ପରେ ଏଗୁଡ଼ିକୁ ବଦଳାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇପଡ଼େ କେତେବେଳେ

ବଦଳାଇବା ଦରକାର ତାହା ପୂର୍ବରୁ ସଠିକ ଭାବେ ଜାଣି ହୋଇ ପାରୁଥିବାରୁ । ଇଟା ନଷ୍ଟ ହୋଇ ଲୁହା ତରଳା ପୂର୍ବରୁ ବନ୍ଦ ହେବା ପରେ ଏହାକୁ ବଦଳାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ବୋଲି ଜଣା ପଡ଼ୁଥିଲା । ବର୍ତ୍ତମାନ ତେଲସ୍ପ୍ରିୟ  $Co^{60}$  ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହାର ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ପୂର୍ବରୁରେ ହୋଇପାରୁଛି ଏବଂ ଲୁହାରୁ ଯନ୍ତ୍ର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବନ୍ଦ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆଉ ଅପେକ୍ଷା କରବାକୁ ପଡ଼ୁନାହିଁ ।  $1$  ମିଲିକ୍ୟୁରୀ  $Co^{60}$  ଇଟା ମଧ୍ୟରେ ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ଶକ୍ତିରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଇଟାର କିଛି କ୍ଷୟ ଅଂଶ ଧାରୁ ମଳ ସହ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବାହାରେ । ଯେତେବେଳେ ଏହି ଗଠିତାରେ ଇଟା କ୍ଷୟ ହେବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ସେତେବେଳେ ଧାରୁମଳରେ ତେଲସ୍ପ୍ରିୟ କଣିକାର ଉପସ୍ଥିତି ଗାଉର-ମୁଲର ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ଦ୍ଵାରା ଜଣାପଡେ । ଧାରୁ ମଳ ତେଲସ୍ପ୍ରିୟ ହେଲେ ଇଟାକୁ ବଦଳାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଏହାଦ୍ଵାରା ସଠିକ ଭାବେ ବଦଳାଇବା କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ ।

## ୮ । ଘର୍ଷଣ ଅନୁଧ୍ୟାନ

(Friction Study-Piston ring wear Study)



(ଚିତ୍ର ନଂ 47)

କଲକାରଖାନାରେ କେଉଁ କଲକବଳା କେଉଁ ପରିମାରେ କ୍ଷୟପାତ୍ର ହୁଏ ଜାଣିବା ନିମ୍ନ ତେଲସ୍ପ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ପିସ୍ଟନ୍ ଓ ପିସ୍ଟନ୍ ଡିଆର ବେଳେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ତେଲସ୍ପ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ମିଶାଯାଇଥାଏ । ଇଞ୍ଜିନର

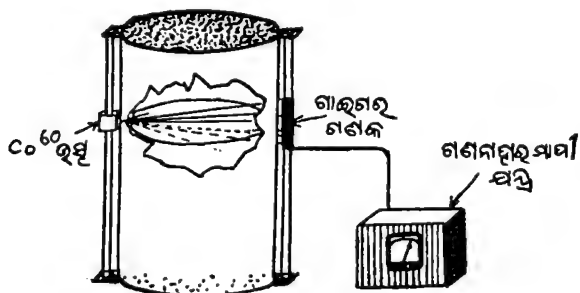
ପିଣ୍ଡକୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶିଆଳିରକୁ ଦେଖାଇବା ଦ୍ଵାରା ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ତେଜସ୍ଵିୟ ହୋଇଥାଏ । ଇଞ୍ଜିନରେ ଘର୍ଷଣଦ୍ଵାରା ତେଲ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଘର୍ଷଣଦ୍ଵାରା ପିଣ୍ଡର କିଛି ଉଷ୍ମ ଅଂଶ ଏହି ତେଲରେ ମିଶେ ଏବଂ ତେଲ ତେଜସ୍ଵିୟ ହୁଏ । ଏହାର ତେଜସ୍ଵିୟତା ପରୀକ୍ଷାରୁ କେତେ ଅଂଶ ଉଷ୍ମ ହେଉଛି ଜଣାପଡ଼େ ।  $Fe^{59}$  ଆଇସୋଟୋପ୍ ଏଥିରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ ।

ଏହି ପ୍ରକାର ପରୀକ୍ଷା ଉଷ୍ମ ନିରୋଧକାରୀ ଇସ୍ପାତ ତିଆରି ନିମିତ୍ତ ବିଶେଷ ଉପଯୋଗୀ ।

ଜୋଡ଼ା କାରଖାନା, ମଟରଟାୟାର ତିଆରି କାରଖାନାରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ପ୍ରଣାଳୀରେ ଜୋଡ଼ାର ଉଷ୍ମ ଓ ଟାୟାରର ଉଷ୍ମ ମପାଯାଉଛି ଏବଂ ନୂତନ ପ୍ରକାର ରାସାୟନିକ ଦ୍ରବ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରି ଉଷ୍ମରୋଧକାରୀ ଜୋଡ଼ା ଓ ଟାୟାର୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇପାରୁଛି । ସେହିପରି ମଟର ତେଲ ସହ ତେଜସ୍ଵିୟ କାର୍ବନ୍-ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହାର କରି ଇଞ୍ଜିନ୍ ଭିତରେ ତେଲ କିପରି ଦହନ୍ତି ତାହା ଏବଂ ଦହନ ହେଲାପରେ କେଉଁ ଗ୍ୟାସ୍ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଏହିଗ୍ୟାସ ଇଞ୍ଜିନ୍-ର କେଉଁ ଅଂଶକୁ କିପରି ଭାବରେ ଉଷ୍ମିତ କରନ୍ତି ତାହା ଅତି ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେଉଛି । ଏହା ଫଳରେ ନୂତନ ଧରଣର ମଟର ତେଲ ମଧ୍ୟ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରୁଛି ।

## ୯ । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସ୍ତର ସୂଚକ (Liquid Level Indicator)

ତେଜସ୍ଵିୟ ଆଇସୋଟୋପ  $Co^{60}$ ର ବ୍ୟବହାର ମଧ୍ୟ ଏଥିରେ ଦେଖାଯାଏ । ଟାଙ୍କିର ଗୋଟିଏ ପାଖରେ ତେଜସ୍ଵିୟ ଆଇସୋଟୋପର ପାତ୍ର ଥାଏ ଏବଂ ଠିକ୍ ଅପର



(ଚିତ୍ର ନଂ 48)

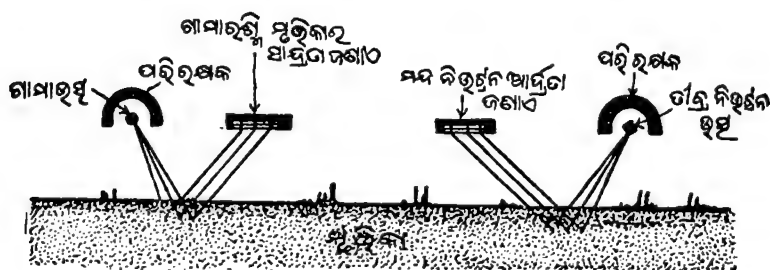


ପାଣ୍ଡୁରେ ଓ ସମ୍ପର୍କିତରେ ଗାଜଗାର ମୂଳର ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ରଖାଯାଇଥାଏ । ଟାଙ୍କିରେ ତରଳପଦାର୍ଥ ପୂର୍ଣ୍ଣହେବା ପୂର୍ବରୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ଅବଧିରେ ଗତିକରି ଗଣକ-ଯନ୍ତ୍ରରେ ପଡ଼େ ଏବଂ ସେଥିରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଶିଳେ ଗୁଳିତ ହୋଇ ନାଲିବଟା ଜଳେ, କିନ୍ତୁ ତରଳପଦାର୍ଥ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଗଲେ ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ତରଳପଦାର୍ଥ ଭେଦକରି ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ନିକଟକୁ ଯାଇପାରନ୍ତି ନାହିଁ, ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ନହେବାରୁ ନାଲି ବଟାଟି ଲିଭିଯାଏ । ତେଣୁ ଉପସ୍ଥିତ କର୍ମରୂପମାନେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଢାଳିବା ବନ୍ଦ କରିଦିଅନ୍ତି, କିନ୍ତୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସ ଓ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ଏକ ସମୟରେ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଉଛନ୍ତି । ତେଣୁ ଗଣନାର ଭାରତମ୍ୟୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଉପର ସ୍ତର ଜଣାପଡ଼ିଥାଏ ।

## ରାସ୍ତା ନିର୍ମାଣ-(ମୃତ୍ତିକାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଆର୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ)

(Road Building-to find density and moisture in soils)

ପ୍ରତିଫଳନ ନିୟମାନୁସାରେ ଏହି ମାପଯନ୍ତ୍ର ନିର୍ମିତ,  $Co^{60}$  ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇ-ସୋଟୋପୋ ଗାମାର୍ତ୍ତରୁପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ସ ତରୁଣପାଣ୍ଡୁରେ ଏକ ପରିବର୍ଷିତ ଥାଏ । ଗାଜଗାର-ମୂଳର ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ଅପରପାଖେ ଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ସରୁ ଗାମାର୍ତ୍ତ ମୃତ୍ତିକାରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ଏହି ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରରେ ପଡ଼େ ।



(ଫିଗ ନଂ 49)

ଏହି ପ୍ରତିଫଳିତ ରଶ୍ମିର ପରିମାଣରୁ ମୃତ୍ତିକାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଜଣାପଡ଼େ । ମୃତ୍ତିକାର ଆର୍ଦ୍ରତା ପରିମାଣ ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ  $Co^{60}$  ବଦଳରେ ଅନ୍ୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି । ପୋଲୋନିୟମ୍-ବେରିଲିୟମ୍ ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍-ବେରିଲିୟମ୍

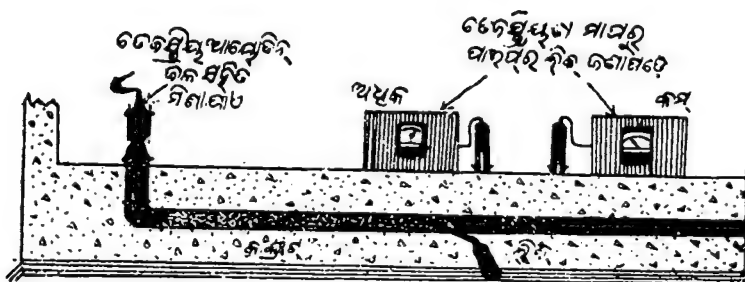
ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥାନ୍ତି । ଉତ୍ସ ପୋଲୋନିୟମ୍ ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍-୧ କଣିକା ଉତ୍ସଜନ କରୁଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଆର୍ଦ୍ରତାରେ ଥିବା ଉଦ୍‌ଜାତ ପରମାଣୁ ଦ୍ଵାରା ପ୍ରକାଶ୍ଟିତ (Scattered) ହୋଇ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଯାଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଥିବା ସିଲିକନ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ଦ୍ଵିତୀୟକ ଅଭିସିଦ୍ଧା କରାଏ । ଦ୍ଵାରା ଗଣନା ସହଜଯାଏ ହୋଇଥାଏ । ଦୁଇପ୍ରକାର ସିଲିକନ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍  $_{47}\text{Ag}^{107}$  ଓ  $_{47}\text{Ag}^{109}$  ମଧ୍ୟରୁ  $_{47}\text{Ag}^{109}$ ର ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ବେଶୀ ।

ଏହି ଆର୍ଦ୍ରତା ଓ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପକ ଯନ୍ତ୍ର ରାସ୍ତାନ୍ତରୀଣ ହେଉଥିବା ସ୍ଥାନକୁ ନିଆ-  
ଯାଇପାରୁ ଥିବାରୁ ଏହା ପୁରାଧାନକ । ଏଥି ପୂର୍ବରୁ ମୃତ୍ତିକା ନମୁନା ପରୀକ୍ଷାଗାରକୁ ନିଆଯାଇ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଥିଲା ।

## (11) ଭୂଗର୍ଭର ଛିଦ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ

### (Detection of Underground Leaks)

କୋଠାବାଡ଼ ଓ ଭୂମିତଳେ ନଳ ସାହାଯ୍ୟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପଠାଯାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ବେଳେ ବେଳେ ଏଥିରେ ଲିକ୍ ଦେଖାଦେଇଥାଏ । ଏହି ଲିକ୍ କେଉଁଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ ତାହା ଜାଣିବା ଅସମ୍ଭବ କଷ୍ଟକର । କିନ୍ତୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇଓଡିନ୍ - 131 ବ୍ୟବହାର ଦ୍ଵାରା ଏହା ଅତି ସହଜରେ ହୋଇପାରେ ।  $\text{I}^{131}$ କୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସହ ମିଶାଇ ଦିଆଯାଏ, ଏବଂ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ନଳ ମଧ୍ୟରେ ଯିବା ସମୟରେ ଏହି  $\text{I}^{131}$ ର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିକିରଣ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରାଯାଇଥାଏ । ଯେତେବେଳେ ଏହାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତାର ଡାବ୍ରତା ହଠାତ୍ ହ୍ରାସପାଏ ସେତେବେଳେ ଲିକ୍‌ର ସଠିକ୍ ସ୍ଥାନ ଜଣାପଡ଼େ । ଏହାଦ୍ଵାରା ଖୁବ୍ କମ୍ ପରିଶ୍ରମରେ ମରାମତି ହୋଇପାରେ ।



## (12) ରସାୟନିକ ପ୍ରତିଯୁଗ୍ମକର ସଫିୟୁଣ

(Activation of Chemical Reactions)

ରସାୟନ ଶାସ୍ତ୍ରର ବିଭିନ୍ନ ଶାଖା ମଧ୍ୟରୁ ବିକିରଣ ରସାୟନ ଶାସ୍ତ୍ର ଏକ ଶାଖା ଅଟେ । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ପଲିମେରାଇଜେସନ୍, ହାଇଡ୍ରୋଜେନେସନ୍, ଓ ଅନ୍ୟତ୍ରମନ୍ ପଦ୍ଧତି ଗୁଡ଼ିକର ବହୁ ଉନ୍ନତ ସାଧନ ହୋଇପାରିଛି ।

ପଲିମେରାଇଜେସନ୍ ଏପରି ଏକ ରସାୟନିକ ଅଭିଯୁଗ୍ମ ଯହିଁରେ ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ସମଜାତୀୟ ଅଣୁ ଏକତ୍ର ହେଉ ଏକ ବିରଟ ଅଣୁ ଗଠିଥାନ୍ତି । ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ ଓ ସିନ୍ଥେଟିକ୍ ରବର ଏହି ବହୁଲୀକରଣ (Polymerisation) ପଦ୍ଧତି ଦ୍ଵାରା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଅତି ଉଚ୍ଚ ତାପ ଓ ରୂପରେ ଏହା ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୁଏ । ପରିଥିନ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତି ନିମିତ୍ତ କେତେ ଶହ ଡିଗ୍ରୀ ତାପ ଓ ହଳାର ହଳାର ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ରୂପ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ତେଲସ୍ପ୍ରିୟ ବିକିରଣ ଦ୍ଵାରା ଏହି ପ୍ରତିଯୁଗ୍ମ ଅଳ୍ପ ତାପ ଓ ରୂପରେ ହୋଇପାରିବ । ପରିଥିନ୍  $200^{\circ}\text{C}$  ତାପ ଓ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ରୂପରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେଉଛି, ତେଣୁ ଏହା ଅତି ସହଜରେ ହୋଇପାରୁଛି । ଏହି ତେଲସ୍ପ୍ରିୟ ବିକିରଣ ଦ୍ଵାରା ନୂତନ ଧର୍ମ ଥାଇ ନୂତନ ବସ୍ତୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେବା କିଛି ଅସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

ଆଉ ଏକ ପଦ୍ଧତି ହେଉଛି ହାଇଡ୍ରୋଜେନେସନ୍ — ରସାୟନିକ ବସ୍ତୁ ଯହୁ ଫ୍ଲୋରିନ୍ କ୍ଲୋରିନ୍, ବ୍ରୋମିନ୍ ଓ ଆଇଓଡିନ୍ ମିଶ୍ରଣ । ଏହି ପ୍ରତିଯୁଗ୍ମ ଅନ୍ଧାରରେ ଖୁବ୍ ଧୀରରେ ଏବଂ ଆଲୋକରେ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଗଠି ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଆଲ୍ଟ୍ରାଭାଇଓଲେଟ୍ ରଶ୍ମି ପ୍ରତିଯୁଗ୍ମକୁ ତ୍ଵରିତ କରବାକୁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଗାମା ବିକିରଣ ଦ୍ଵାରା ଜାରଣ ପ୍ରତିଯୁଗ୍ମ ମଧ୍ୟ ତ୍ଵରିତ ହୋଇଥାଏ ।

## କୃଷି

କୌଣସି ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥର ଗତିବିଧି ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ତାହାର ତେଲସ୍ପ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଚିତ୍ତପଥ ଅନୁସରଣ କରାଯାଏ । ଏହିପରି ତେଲସ୍ପ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍‌କୁ ଟ୍ରେସର (Tracer) କୁହାଯାଏ । କୃଷି ବିଜ୍ଞାନରେ ଏହି ଟ୍ରେସର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ଶ୍ୟା ଉତ୍ପାଦନ, ସାର ବ୍ୟବହାର, ମୃତ୍ତିକାର ବିନିଯୋଗ ଓ ଶ୍ୟା ସଂରକ୍ଷଣ ଲାଗି ଔଷଧ ବ୍ୟବହାରରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଉନ୍ନତ କରାଯାଇପାରିଛି ।

## ରାସାୟନିକ ସାରବ୍ୟବହାର—

ସାର ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦନ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରୟୋଗ ସାରର ସଙ୍ଗେ-କୃଷ୍ଣ ଉପଯୋଗ ଲାଗି କେଉଁ ଫସଲରେ କେତେ ପରିମାଣରେ, ଫସଲର କେଉଁ ଅବସ୍ଥାରେ ଏବଂ କେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯିବ ତାହା ଅତି ଗୁରୁତର ସମସ୍ୟା । ତେଜସ୍ବିୟ ଅକସୋଟୋପ ପ୍ରୟୋଗ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ସମସ୍ୟା ଗୁଡ଼ିକର ସମାଧାନ କରାଯାଇପାରେ ।

ଧାନ ଫସଲର ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଅମ ଦାମ ଲାଗି ଏକର ପ୍ରତି 40 ପାଉଣ୍ଡ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏହି ଯବକ୍ଷାରଜାନ କେଉଁ ସମୟରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯିବ ତାହାର ଗୁରୁତ୍ୱ ଅଧିକ । ଡେସର ଯବକ୍ଷାରଜାନ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ଏହି ସମୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରୁଛି । ଅମୋନିୟମ୍ ସଲଫେଟ୍ ସହିତ ଢେକଡ଼ା 5-67 N<sup>15</sup> ଅକସୋଟୋପ୍ ମିଶାଯାଇ ଧାନଫସଲ କିଆରୀରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିଲା । ମାସ ଷ୍ଟେକୋଟ୍ରୋମିଟର ଦ୍ୱାରା ଧାନଗଛରେ ଏହି ଅକସୋଟୋପ୍ ବିଭିନ୍ନ ସମୟରେ ଧାନଗଛର ବିଭିନ୍ନ ଅଙ୍ଗରେ କେତେ ପରିମାଣରେ ରହିଛି, ତାହାର ପରିମାଣ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଗଲା । ଏହି ପରୀକ୍ଷାରୁ ସ୍ଥିର କରାଗଲା ଯେ ଧାନ ରୋପିବା ପୂର୍ବରୁ ଜମି ପ୍ରସ୍ତୁତ ବେଳେ ଏକ ଅର୍ଦ୍ଧାଂଶ ଓ ଧାନ ଥୋଡ଼ ହେବାର ଠିକ୍ ପୂର୍ବରୁ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅର୍ଦ୍ଧାଂଶ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଧାନଗଛ ଯବକ୍ଷାରଜାନକୁ ଉପଯୁକ୍ତଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ କରିପାରେ ।

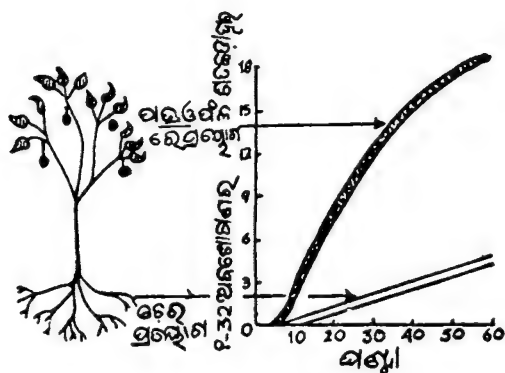
## ଫସଫରସ୍ (P<sup>32</sup>)—

ଫସଲ ଉତ୍ପାଦନ ନିମନ୍ତେ ଫସଫରସ୍ ଅତି ଆବଶ୍ୟକ । ଫସଫରସ୍ ଅଭାବରେ ଫସଲରେ ଭଲ ତେର ମାଟିପାରେ ନାହିଁ । ଫଳଗତ୍ତ ଫଳ ଧରେ ନାହିଁ । କେତେକ ମୃତ୍ତିକାରେ ଫସଫରସ୍ ଅଭାବ ଥାଏ, ମାତ୍ର ଫସଫରସ୍ ଯୁକ୍ତ ସାର ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ମଧ୍ୟ ଛେ ସାରକୁ ବ୍ୟବହାର କରିପାରେ ନାହିଁ । ବିଭିନ୍ନପ୍ରକାର ଫସଲ ବିଭିନ୍ନ ପରିମାଣରେ ଓ ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ଫସଫରସ୍ ଦରକାର କଥୋନ୍ତି । ତେଜସ୍ବିୟ ଅକସୋଟୋପ୍ P<sup>32</sup> ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ଏହାର ସମାଧାନ କରାଯାଇ ପାରେ । ଗାଈଗର, ମୂଲର ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଶସ୍ୟ ଗଛର ଅଙ୍ଗରେ ଏହି ଫସଫରସ୍ ଅକସୋଟୋପ୍ ଗତି ସ୍ଥିର କରାଯାଇ ପାରେ ଏବଂ ଗଛ କେଉଁ କାର୍ଯ୍ୟ ହେଉ ଫସଫରସ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ନ ପାରେ ତାହା ସହଜରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଇପାରେ ।

ମୃତ୍ତିକାକୁ ସାଧାରଣତଃ ଦୁଇଟି ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଇ ପାରେ । ଅମ୍ଳ ଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଓ କ୍ଷାରଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ । ଅମ୍ଳ ଓ କ୍ଷାରଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ମୃତ୍ତିକାରେ ଏକ ପ୍ରକାର ସାର ପ୍ରୟୋଗ ଆଶା-ନୁରୂପ ଫଳ ଦିଏନାହିଁ । ଅମ୍ଳ ଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ମୃତ୍ତିକାରେ ମ୍ୟାଗନେସିୟମ୍ ଫସଫେଟ୍ ଶ୍ରେଣୀୟ ସାର ଅତି ଭଲ ଉପକାର କରଥାଏ । ସୁପର ଫସଫେଟ୍ ସାର ସହିତ ରୂନ ପ୍ରୟୋଗ ଫସଫରସ୍ ସାରରବ୍ୟବହାରରେ ଅଧିକ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀତା ଦେଖାଇଥାଏ । ଛୁଇଁ ଜାଗାୟ ଫସଲ ଓ ଛୁଇଁ ଶସ୍ୟ ଜାଗାୟ ଫସଲ ବିଭିନ୍ନ ଅନୁପାତରେ ଫସଫରସ୍ ସାର ବ୍ୟବହାର କରଥାନ୍ତି । ଅମ୍ଳଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ମୃତ୍ତିକାରେ କ୍ଷାର ଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଫସଫରସ୍ ସାର ପ୍ରୟୋଗ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଫଳ ଦେଇଥାଏ ।

ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ପ୍ରୟୋଗ ବଳରେ ଗଛ ଚେର, ମୃତ୍ତିକାରୁ କିପରି ଭାବରେ ଖାଦ୍ୟ ସଂଗ୍ରହ କରି ମୃତ୍ତିକାର କେତେ ଭଲକୁ ଚେର ପଠାଇପାରିବ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗଛ କେତେ ଦିନ ପରିମାଣର ମୃତ୍ତିକା ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି, ତାହା ଜ୍ଞାତ କରାଯାଇ ପାରୁଛି । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗଛ, ପତ୍ର କାଣ୍ଡ ଓ ଫଳ ଏବଂ ଫୁଲ ଧରିବାର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ପ୍ରୟୋଗ ପଦ୍ଧତି ଜ୍ଞାତ କରାଯାଇ ପାରୁଛି ।

କେତେକ ଗଛରେ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ପତ୍ର ଓ ଫଳ ଦ୍ଵାରା 95% ସାର ଗୃହୀତ ହୋଇଥାଏ ଓ ଆଉ କେତେକ ଗଛରେ ଚେର ଦ୍ଵାରା ଖୁବ କମ୍ ସାର ଗୃହୀତ ହୋଇଥାଏ ।



( ଚିତ୍ର ନଂ—51 )

## ଅଜାର ଆମ୍ଳୀକରଣ—(Photosynthesis)

ସବୁଜ ପତ୍ରଦ୍ଵାରା ସୂର୍ଯ୍ୟଲୋକରେ ଜଳ ଓ ଅଜାରକାମ୍ଳ ବାଷ୍ପରୁ ଶ୍ଵେତସାର ଖାଦ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ଅଜାର ଆମ୍ଳୀକରଣ କୁହାଯାଏ । ସବୁଜ ଉଦ୍ଭିଦ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ

କୌଣସି ଉଦ୍ଭିଦ ବା ଶ୍ରେଣୀରୁ ବଡ଼ କୌଣସି ପ୍ରାଣୀର ଏପରି ସାଧାରଣ ଦୁଇଟି ଅନୈବ ପଦାର୍ଥ ଯଥା—ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ୍ ଓ ଜଳରୁ ଉପାଦେୟ ଅତି ଜଟିଳ ଶ୍ୱେତସାର ଖାଦ୍ୟ ତିଆରି କରିବାର ଶକ୍ତି ନାହିଁ । ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ୍ ଓ ଜଳ ସବୁଠାରୁ ଉଦ୍ଭିଦ ଶରୀର ଉତ୍ତରକୁ ଯାଇ କେଉଁ କେଉଁ ରସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଯୋଗୁଁ ସର୍ବଶେଷରେ ଶ୍ୱେତସାର ଜାତୀୟ ଖାଦ୍ୟରେ ପରିଣତ ହେଉଛନ୍ତି, ତାହାର ରହସ୍ୟ ଆଜି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଣା ପଡ଼ିନାହିଁ ।

ଡେକସ୍ଟ୍ରୀସ୍  $C^{14}$ ,  $C^{14}O$ , ରୂପରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବାଦ୍ୱାରା ଏହି ରସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ରହସ୍ୟ ଜଣାପଡ଼ିଛି । ପୂର୍ବରୁ ଅନେକ ବୈଜ୍ଞାନିକଙ୍କର ଧାରଣା ଥିଲା ଯେ ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ୍ ଓ ଜଳର ରସାୟନିକ ସଂଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ଶ୍ୱେତସାର ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଯେଉଁ ଅମ୍ଳଜାନ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଛି, ତାହା ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ୍ ଅଶୁରୁ ଆସୁଛି । କିନ୍ତୁ ଯୁକ୍ତିରାଶ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର କେଡେଲିଶ ପ୍ରସିଦ୍ଧ ଗବେଷଣାକାରୀ ଏହି ଅଙ୍ଗାର ଆମ୍ଳକରଣ ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଅମ୍ଳଜାନ—18 ( $O^{18}$ ) ବ୍ୟବହାର କରି ପ୍ରମାଣ କରାଇଛନ୍ତି ଯେ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଯେଉଁ ଅମ୍ଳଜାନ ବାହାରୁଛି, ତାହା ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳଜାନ ଅଶୁରୁ ନ ଆସି ଜଳର ଅଶୁରୁ ଆସିଛି ।

ସୌର ଶକ୍ତି

6 ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଅଶୁ+12ଜଳ ଅଶୁ—→ଗୋଟିଏ ଦ୍ରାକ୍ଷାଶର୍କର+6 ଜଳଅଶୁ+6 ସରୁଜକଣିକା ଅମ୍ଳଜାନ ଅଶୁ

ଇଂରେଜ ବୈଜ୍ଞାନିକ ହୁଲ, ଅମ୍ଳଜାନ-18 ଥିବା ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ବ୍ୟବହାର କରି କେବଳ ଜଳରେ ସରୁଜ କଣିକା ରଖି ଆଲୋକ ସାହାଯ୍ୟରେ ସେଥିରୁ ସାଧାରଣ ଅମ୍ଳଜାନ ଉତ୍ତୀରଣ ହେବାର ପ୍ରମାଣ କରିଛନ୍ତି ।

## $N^{15}$ ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟବହାର—

ଦୁଇଜଣ ମାର୍କିନ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବିଲଡ଼ ବାଇଗଣ ଗଛକୁ  $N^{15}$  ଆଇସୋଟୋପ୍ ଥିବା ଆମୋନିଆ ସଲଫେଟ୍ ଦେଇ ପ୍ରମାଣ କରିଛନ୍ତି ଯେ ଯବକ୍ଷାରଜାନ 12 ଦଣ୍ଡା ମଧ୍ୟରେ ଗୁଣ୍ଡାମିଳ ଅମ୍ଳରେ ପରିଣତ ହେଉଛି । ଗୁଣ୍ଡାମିଳ ଅମ୍ଳ ଉଦ୍ଭିଦର ଏକ ପ୍ରାଥମିକ ଆମିନୋଅମ୍ଳ । ଏହି ଆମିନୋଅମ୍ଳରୁ କିପରି ବିଭିନ୍ନ ପୁଷ୍ଟିସାର ତିଆରି ହେଉଛି ସେ ସମ୍ପର୍କରେ ଗବେଷଣା ଚାଲିଛି ।

**ବନବିଜ୍ଞାନ**—ବନ ବିଜ୍ଞାନରେ ମଧ୍ୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି । ରବର ଗଛରେ ଯେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀରେ ରବର କ୍ଷୀର ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେଉଛି ଏବଂ ଯେଉଁ

ଉପାୟ ଅବଲମ୍ବନ କଲେ ବେର ନିଃସରଣ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରିବ, ତାହା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଛି । ଅଠା, ଲୁଣ, ଝୁଣା, ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ କେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀରେ ନିଃସୃତ ହେଉଛି ତାହାର ତଥ୍ୟ ମଧ୍ୟ ଏହି ଆଇସୋଟୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଉଛି । କାଠ ହଣାହେବା ପରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଛତୁ ଓ ଜାଟ ଲାଗି କାଠକୁ ଶୀଘ୍ର ନଷ୍ଟ କରାଯାଏ । କେଉଁ ପ୍ରକାର ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ କେତେ ପରିମାଣରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ କାଠ ବହୁଦିନ ଧରି ରହିବ ତାହା ଆଇସୋଟୋପ୍ ଦ୍ଵାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇ ପାରୁଛି ।

## ଆଇସୋଟୋପ ଓ ନଦୀବନ୍ଧ ଯୋଜନା :—

ଇଂଲଣ୍ଡରେ କେଉଁ ରୂପରେ କେତେ ପରିମାଣର ପଟୁ ଗ୍ରାସି ଆସି ଟେମ୍ପ୍ ନଦୀ ଶଯ୍ୟାକୁ ଅଗଭୀର କରାଯାଇଛି ତାହା ଏହି ତେଜସ୍ଵିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଦ୍ଵାରା ସ୍ଥିର କରାଯାଇ ପାରୁଛି । ଭବିଷ୍ୟତର ନଦୀବନ୍ଧ ଓ ନଦୀଉପତ୍ୟକାର ବ୍ୟାପୀ ଏହା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରୁଛି । ଅଧିକ ଖାଦ୍ୟଶଯ୍ୟା ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ, ନଦୀର ଜଳ କେଉଁ ରୂପରେ ଫସଲ ପ୍ରତି ଅଧିକ ଉପକାରୀ ତାହା ଏହି ଆଇସୋଟୋପ୍ ଦ୍ଵାରା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଛି । ଭୂମିର କେତେ ନିମ୍ନରେ ଜଳସ୍ତର ଅଛି ଓ କେଉଁ ପରିମାଣର ଜଳସ୍ତୋତ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ତାହା ତେଜସ୍ଵିୟ ଟ୍ରେସର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଉଛି । ଫଳରେ ମରୁଭୂମିର ଭୂଗର୍ଭରୁ ଜଳ ଅଣି ଜଳସେଚନ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

## C<sup>14</sup>—ଆଇସୋଟୋପ :—

ଗାଈ ଶରୀରରେ ଖାଦ୍ୟ କିପରି ଜୀର୍ଣ୍ଣ ହୋଇ ଦୁଧରେ ପରିଣତ ହେଉଛି ତାହା ତେଜସ୍ଵିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ହେଉଛି । 1 ମିଲିଗ୍ରାମ C<sup>14</sup> ଗାଈ ଦେହରେ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଇ ଏହାର ଗତିପଥ ଓ ତେଜସ୍ଵିୟତା ମାପ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ଵାରା ଗାଈକୁ କି ପ୍ରକାର ଖାଦ୍ୟ କେତେ ପରିମାଣରେ ଦିଆଯାଇ ତାର ଦୁଧ ଦେବା ଶକ୍ତି ବଢ଼ାଇବା ପାରିବ ତାହା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇପାରିବ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଗାଈ, ମେଣ୍ଟା, କୁକୁଡ଼ାଙ୍କ ଶରୀରରେ ହେଉଥିବା ବିଭିନ୍ନ ରୋଗର ନିଦାନ ମଧ୍ୟ ଜଣାଯାଉଛି ।

## ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଜୀବାଣୁ ନାଶନ

(Sterilisation of Food)

ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀରେ ଜୀବାଣୁ ଥିବାରୁ ଫରମେଣ୍ଟେସନ ପଛତ ଦ୍ଵାରା ଏହା କ୍ଷତିଗ୍ରସ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଜୀବାଣୁ ନାଶନ (ସ୍ପ୍ରିନ୍ଟ୍ ଜୀବାଣୁନାଶକ ନାମ) ତଥା ପାସ୍ଟରାଇସେସନ୍

ଉପାୟ ଅବଲମ୍ବନ କଲେ ରବର ନିଃସରଣ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରିବ, ତାହା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇଛି । ଅଠା, ଲୁଣ, ଝୁଣା, ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ କେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀରେ ନିଃସୃତ ହେଉଛି ତାହାର ତଥ୍ୟ ମଧ୍ୟ ଏହି ଆଇସୋଟୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଇଛି । କାଠ ହଣାହେବା ପରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଛତୁ ଓ କାଟ ଲାଗି କାଠକୁ ଶୀଘ୍ର ନଷ୍ଟ କରିଥାନ୍ତି । କେଉଁ ପ୍ରକାର ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ କେତେ ପରିମାଣରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ କାଠ ବହୁଦିନ ଧରି ରହିବ ତାହା ଆଇସୋଟୋପ୍ ଦ୍ଵାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇ ପାରୁଛି ।

## ଆଇସୋଟୋପ ଓ ନଦୀବନ୍ଧ ଯୋଜନା :—

ଇଂଲଣ୍ଡରେ କେଉଁ ରୂପରେ କେତେ ପରିମାଣର ଫସ୍ତୁରାସି ଆସି ଟେମ୍ପୁ ନଦୀ ଶଯ୍ୟାକୁ ଅଗଭୀର କରାଯାଇଛି ତାହା ଏହି ତେଜସ୍ଵିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଦ୍ଵାରା ସ୍ଥିର କରାଯାଇ ପାରୁଛି । ଭବିଷ୍ୟତର ନଦୀବନ୍ଧ ଓ ନଦୀଉପତ୍ୟକାର ବିକାଶ ଏହା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବ । ଅଧିକ ବାୟୋଶସ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ, ନଦୀର ଜଳ କେଉଁ ରୂପରେ ଫସଲ ପ୍ରତି ଅଧିକ ଉପକାରୀ ତାହା ଏହି ଆଇସୋଟୋପ୍ ଦ୍ଵାରା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇଛି । ଭୂମିରେ କେତେ ନିମ୍ନରେ ଜଳସ୍ତର ଅଛି ଓ କେଉଁ ପରିମାଣର ଜଳସ୍ରୋତ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ତାହା ତେଜସ୍ଵିୟ ଟ୍ରେସର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇଛି । ଫଳରେ ମରୁଭୂମିର ଭୂଗର୍ଭରୁ ଜଳ ଆଣି ଜଳସେଚନ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

## C<sup>14</sup>—ଆଇସୋଟୋପ :—

ଗାଈ ଶରୀରରେ ଖାଦ୍ୟ କିପରି ଜୀର୍ଣ୍ଣ ହୋଇ ଦୁଧରେ ପରିଣତ ହେଉଛି ତାହା ତେଜସ୍ଵିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ହେଉଛି । 1 ମିଲିଗ୍ରାମ C<sup>14</sup> ଗାଈ ଦେହରେ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଇ ଏହାର ଗନ୍ଧପଥ ଓ ତେଜସ୍ଵିୟତା ମାପ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ଵାରା ଗାଈକୁ କି ପ୍ରକାର ଖାଦ୍ୟ କେତେ ପରିମାଣରେ ଦିଆଯାଇ ତାର ଦୁଧ ଦେବା ଶକ୍ତି ବଢ଼ାଯାଇ ପାରିବ ତାହା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇପାରେ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଗାଈ, ମେଣ୍ଟା, କୁକୁଡ଼ାଙ୍କ ଶରୀରରେ ହେଉଥିବା ବିଭିନ୍ନ ରୋଗର ନିଦାନ ମଧ୍ୟ ଜଣାଯାଇଛି ।

## ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଜୀବାଣୁ ନାଶନ

(Sterilisation of Food)

ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀରେ ଜୀବାଣୁ ଥିବାରୁ ଫରମେଣ୍ଟେସନ ପାଇଁ ଦ୍ଵାରା ଏହା ଶକ୍ତିଶାଳୀ ହୋଇଥାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଜୀବାଣୁ ନାଶନ (ସ୍ପ୍ରିଙ୍ଗ୍ ଜୀବମାନଙ୍କର ନାଶ) ତଥା ପାସ୍ଟରୀକରଣ



(Pasturisation) (ପୃଷ୍ଠାବସାନଙ୍କର ଶତକଡ଼ା ୨୦ ହ୍ରାସ) କେବଳ ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀକୁ ଅତ୍ୟଧିକ ଉତ୍ତପ ଦେଇ କରାଯାଇଥାଏ । ପନିପକା, ଫଳ ଓ ଔଷଧକୁ ଗରମ କରାଯିବା ସମୀଚୀନ ନୁହେଁ ଏବଂ ଏଗୁଡ଼ିକର ପୁରଣା ତଥା ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣରେ ଅଧିକାଂଶ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀକୁ ଗରମ ନ କରି ବିକରଣ ଦ୍ଵାରା ଜୀବନାଶନ କରାଯାଇପାରେ ।

ବ୍ୟାକ୍ଟେରିଆମାନେ 50,000r ଓ ପ୍ରତିରୋଧୀ ବ୍ୟାକ୍ଟେରିଆମାନେ 1-2,000,000r ବିକରଣ ଉପଯୋଗ ଦ୍ଵାରା ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାନ୍ତି । ତାଳା ଦୁଧର ପାସ୍ଟରୀକରଣକ୍ରିୟା 100,000r ଓ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜୀବାଣୁନାଶନ କ୍ରିୟା, 500,000r ବିକରଣ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଶକ୍ତି ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହି ବିକରଣକୁ ଉପଯୋଗ କରିବାର ଏକମାତ୍ର ଅପକାରିତା ହେଲା ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀର ସ୍ଵାଦ ଓ ରଙ୍ଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ । ସମ୍ଭବତଃ ଖାଦ୍ୟରେ ଥିବା ଜଳ H ଓ OH ରାଡ଼ିକାଲରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଓ OH ରାଡ଼ିକାଲ ରାସାୟନିକ ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କରିବାରେ ଅତି ସକ୍ରିୟ; ତେଣୁ ବିକରଣ ଉପଯୋଗ ପୂର୍ବରୁ ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀକୁ ସମତୁଳ୍ୟ କରାଯାଇଥାଏ । ସମତୁଳ୍ୟ ଅବସ୍ଥାରେ OH ରାଡ଼ିକାଲ ମୁକ୍ତାବେଶ ଦ୍ଵାରା ବୁଲି ପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଆସକରବଳସୂଚକ (ଭିଟାମିନ C) ଉପଯୋଗ କଲେ ସ୍ଵାଦ ଓ ରଙ୍ଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଖୁବ୍ କମ ହୋଇଥାଏ ।

ସ୍ଵାଦ ଓ ରଙ୍ଗର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ଯେଉଁଠି ବାଦ ଦେଇହେବ, ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯଥା ମଞ୍ଜି, ଔଷଧ ପ୍ରଭୃତିରୁ ବିକରଣ ଦ୍ଵାରା ଜୀବାଣୁନାଶକ କରିହେବ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ପସ୍ତାକାର ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ ଆଳୁ ଯଦି 1,000, 000r ବିକରଣ ଦିଆଯାଏ ତେବେ ଏହା ଏକ ବର୍ଷ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବନାକ୍ଷତରେ ରହିପାରିବ ।

## ଜୀବନାଶନ ଓ ଆଇସୋଟୋପ -

ଶସ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରମାନଙ୍କର ଜୀବମାନେ ଦେଖାଯାନ୍ତି । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ବୃକ୍ଷଲତା ଖାଇ ବଢ଼ନ୍ତି (Aphids) ଓ ଆଉ କେତେକ ଏହି ଜୀବମାନଙ୍କୁ ଖାଇ (Predators) ବଢ଼ନ୍ତି । କିନ୍ତୁ Aphidମାନଙ୍କର ପ୍ରଜନନ କ୍ଷମତା ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନେ ଯେଉଁ ପର୍ଯ୍ୟାବେଶର ଛଦ୍ମ ହୁଅନ୍ତି ତାଠାରୁ ଅଧିକ ପର୍ଯ୍ୟାବେଶରେ ଜନ୍ମ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଫଳରେ ଶସ୍ୟ ଉଡ଼ିକୁ ନଷ୍ଟ କରନ୍ତି ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଏପରି ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟବହାର କରା ଏପରି ଜୀବନାଶକ ପଦାର୍ଥ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଛି ଯାହା ମୃତ୍ତିକା ଦେଇ ଗଛପତ୍ର ମଧ୍ୟକୁ ଚାଲି ମଧ୍ୟ ଗଛପତ୍ର ଏହା କ୍ଷତିକାରକ ନୁହେଁ କିନ୍ତୁ aphid ପ୍ରତି ଏହା ବିଷାକ୍ତ ଅଟେ । ତେଣୁ ଜୀବମାନଙ୍କୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବା ଏହାଦ୍ୱାରା ସମ୍ଭବ ।

**କୀବିଜ୍ଞାନ (Entomology)**—ତେଜସ୍ବିୟ ଟ୍ରେସର ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ଜୀବପତଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଗତି ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଇଥାଏ । ଭୂମିମୂଳରେ ଗଭୀରତା କରୁଥିବା ଜୀବ ଓ ପଶୁମାନଙ୍କ ଦେହରେ  $^{226}\text{Ra}$  ବା  $\text{Co}^{60}$  ତିଆରିକରି ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଗାଈରମୂଳର ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କର ଗତି ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଇଥାଏ ।

**ଆଇସୋଟୋପ୍ ଓ ଚିକିତ୍ସା ବିଜ୍ଞାନ (Isotope & Medical Science)**

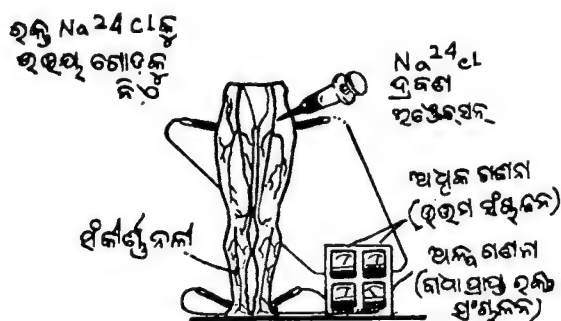
$\text{Na}^{24}$  (ରକ୍ତସଂଚାଳନ ପରୀକ୍ଷା) :—

$_{11}\text{Na}^{23}$  ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି  $\text{Na}^{24}$ ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଯାହାର ଲବଣ ରୂପେ ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ । ଲବଣ ଶରୀର ତନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ନିମନ୍ତେ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି  $\text{Na}^{24}$ ର ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ଶରୀରର କେଉଁ ଅଂଗକୁ  $\text{Na}^{24}$  ଯାଇ ପାରୁଛି ତାହା  $\text{Na}^{24}$ ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଉଥିବା ଗାମା-ରଶ୍ମି ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରୁଛି । ଏହି  $\text{Na}^{24}$ କୁ ଶରୀରର ଗୋଟିଏ ବାହୁରେ ଯଦି ଇଞ୍ଜେକ୍ସନ୍ ଦିଆଯାଏ ତେବେ କିଛି ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଏହାର ତେଜସ୍ବିୟତା ଅପର ବାହୁରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଏ । ତେଣୁ  $\text{Na}^{24}$  କେତେ ଶୀଘ୍ର ଓ କେଉଁ ପରିମାଣରେ ରକ୍ତଦ୍ୱାରା ସଂଚାଳିତ ହୁଏ, ଜଣାପଡ଼ିଥାଏ ।



## ରକ୍ତନଳୀରେ ସଂକୀର୍ଣ୍ଣନ (Blood Vessel Constriction)

ରକ୍ତନଳୀ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ହେବାଦ୍ୱାରା ରକ୍ତ ସଂଚାଳନ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ରକ୍ତ-ନଳୀ କେଉଁଠାରେ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଛି ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ ତେଲସ୍କୋପ୍ ସ୍ୱ  $\text{Na}^{24}\text{Cl}$  ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।  $\text{Na}^{24}\text{Cl}$ ର ଏକ ଲବଣର ଦ୍ରବଣ ରୋଗୀ ଶରୀର ମଧ୍ୟକୁ ଇଞ୍ଜେକ୍ସନ୍ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ । ଭଲଭାବେ ରକ୍ତ ସଂଚାଳନ ହେଉଥିବା ଗୋଡ଼ରେ ତେଲସ୍କୋପ୍ ଦ୍ୱାରା ଗଣନା ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଯେଉଁ ଗୋଡ଼ରେ ରକ୍ତନଳୀ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ସେଥିରେ ଗଣନାରେ ପ୍ରାର୍ଥକ୍ୟ ଘଟେ ଏବଂ କମ୍ ଗଣନା ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ କେଉଁ ସ୍ଥାନ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ସହଜରେ ଅନୁମାନ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 53)

## ଆଇସୋଟୋପ $\text{I}^{131}$ ର ବ୍ୟବହାର:—

**ମସ୍ତିଷ୍କ ଅର୍ବୁଦର ସ୍ଥାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ:—** ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ରୋଗଯୁକ୍ତ କିନ୍ତୁ ଅର୍ବୁଦ (Tumour) ନାମରେ ପରିଚିତ । ଏହି ଅର୍ବୁଦ କୌଣସି ଏକ ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟନିକ ବସ୍ତୁକୁ ଅନ୍ୟ ସାଧାରଣ କରୁନାମାନଙ୍କ ଅପେକ୍ଷା ବିଶେଷ ଭାବେ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ । ତେଣୁ ଯଦି ଏକ ଜଣା ଆଇସୋଟୋପ୍ ଶରୀର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ ତେବେ ଏହା ଏହି ଅର୍ବୁଦ ନିକଟରେ ଅଧିକ ପରିମାଣରେ ଜମାହୁଏ ଏବଂ ଏହାର ଉପସ୍ଥିତି ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଜଣାପଡେ । ପୁରୁଷ ଅର୍ବୁଦର ଯୌକ ସ୍ଥାନ ନିରୂପଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହାର ଚରୁପାଣ୍ଡୁକୁ କାଟି ଯତ୍ନବଶତ୍ କରାଯାଉଥିଲା । କିନ୍ତୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ତାହା ଆଉ କରାଯାଏ ନାହିଁ ।

ପଡ଼ିନାହିଁ ।  $I^{131}$  ଉପଯୋଗ କରି ମସ୍ତିଷ୍କ ଅର୍ବୁଦକୁ ସଠିକ ଭାବେ ନିରୂପଣ କରି ହେଉଛି ।  $I^{131}$  ଗାମାକିରଣ ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥାଏ । ମସ୍ତିଷ୍କର ଅର୍ବୁଦ ମଧ୍ୟସ୍ଥରେ  $\beta$ -ରଶ୍ମି ଗଠିକରି ପାରେନାହିଁ । ତେଣୁ ଏହି ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜକ  $I^{131}$  ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ । ଅର୍ବୁଦ ନିକଟରୁ ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜନ ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଏହା ଜଣାପଡ଼େ । ବେଳେ ବେଳେ ମସ୍ତିଷ୍କର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଏକାଧିକ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ଥିବାରୁ ଅର୍ବୁଦର ସ୍ଥାନ ସଠିକଭାବେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାରେ କୌଣସି ଅସୁବିଧା ହୁଏ ନାହିଁ ।



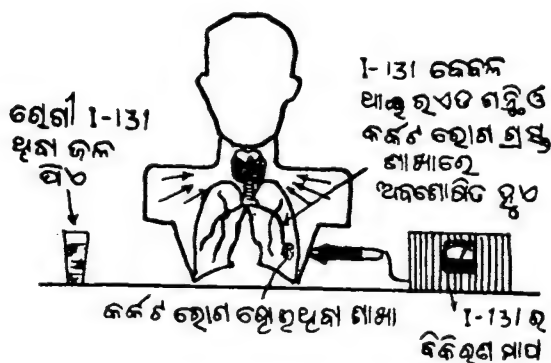
(ଚିତ୍ର ନଂ 54)

## ଆଇରଏଡ୍ ଗ୍ରନ୍ଥିର ରୋଗନିଦାନ ଓ ତାର ଚିକିତ୍ସା

(Diagonising & Treatment of Thyroid Gland Disorders)

ଡେକସିସ୍ ଆଇଓଡିନ୍, ସରଳ ସୋଡିୟମ୍ ଆଇଓଡିନ୍ ଆଦି ଯୌଗିକ ସହ ରୋଗୀକୁ ଖାଇବାକୁ ଦିଆଯାଏ । ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ଶରୀରର ସମସ୍ତ ଆଇଓଡିନ୍ ଆଇରଏଡ୍ ଗ୍ରନ୍ଥିରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ । କାରଣ ଆଇରଏଡ୍ ଗ୍ରନ୍ଥିରୁ ଆଇରକ୍ସିନ୍ (ଆଇରଏଡ୍ ଥିବା ହରମୋନ୍) ନିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ, ଯାହା ଶରୀର ଗଠନରେ ସାହାଯ୍ୟ କରୁଥାଏ । ଯଦି ଗ୍ରନ୍ଥି ଅତିକାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଏହା ଅତ୍ୟଧିକ ଆଇରକ୍ସିନ୍ ନିର୍ଗତ କରେ ଏବଂ ବହୁ ଆଇଓଡିନ୍ ଗ୍ରହଣ କରେ । କିନ୍ତୁ ଯଦି ଏହା କମ୍ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ କମ୍ ପରିମାଣର ଆଇରକ୍ସିନ୍ ନିର୍ଗତ ହୁଏ ଏବଂ କମ୍ ଆଇଓଡିନ୍ ଗ୍ରହଣ କରେ । ସମସ୍ତ ଆଇଓଡିନ୍ ଆଇରଏଡ୍ ଗ୍ରନ୍ଥିରେ ଜମାଯାଏ । ଆଇଓଡିନ୍ ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥିବାରୁ ଆଇରଏଡ୍ ଗ୍ରନ୍ଥି ସାମନାରେ ଶରୀର ବାହାରେ ଗାଜଗର ମୂଲ୍ୟ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ରଖାଗଲେ ଏହା ଗଣନା କରାଯାଏ । ସାଧାରଣ ଅବସ୍ଥାର ଗଣନା ଓ ବିଶ୍ଳେଷଣର ଗଣନାର ତୁଳନାରୁ ଜଣାପଡ଼େ ଯେ ଗ୍ରନ୍ଥି ଅତି ବା ନିମ୍ନ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ଅଟେ ।

ଯଦି ଆଇରଏଡ୍ ଗ୍ରହଣ କରୁଛି ରୋଗ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଏହାର ନିର୍ବା-  
କରଣ ନିମିତ୍ତ ବହୁଳ ତେଲସ୍ଥିୟ ଆଇଓଡିନ୍ ଦିଆଯାଏ । ଏହାର ତେଲସ୍ଥିୟ ବିକିରଣ  
ଦ୍ୱାରା କରୁଛି ରୋଗ ଆରୋଗ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 55)

## ଶରୀର ରକ୍ତର ଆୟତନ ଜାଣିବାନିମିତ୍ତ

(To Measure Blood Volume of the Body)

କୋରିଆ ଯୁଦ୍ଧରେ ବହୁ ସୈନିକ ଷଡ଼ ବିଷତ ହୋଇଥିଲେ । କିନ୍ତୁ ତେଲସ୍ଥିୟ  $I^{131}$  ବ୍ୟବହାର କରି ଅନେକଙ୍କୁ ବଞ୍ଚାଇବା ସମ୍ଭବପର ହୋଇଥିଲା ।

ରକ୍ତ ସିରମ(Blood Serum)ରେ ତେଲସ୍ଥିୟ  $I^{131}$  ମିଶାଯାଇ ଏଥିରୁ କିଛି ଅଂଶ ମାପ କରାଯାଇ ଷଡ଼ ସୈନିକର ଶରୀର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ । 10-15 ମିନିଟ୍ ପରେ ଏହା ଶରୀର ରକ୍ତରେ ମିଶିଗଲା ପରେ ରକ୍ତର କିଛିଅଂଶ ବାହାରକୁ ଟାଣି-ଆଣି ଏହାର ତେଲସ୍ଥିୟତା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଏ । କେତେ ପରିମାଣର  $I^{131}$  ସିରମ ରକ୍ତରେ ମିଶିଛି ତାହା ଜଣାଗଲାପରେ ଷଡ଼ ସୈନିକ ଶରୀରରେ ଆଉ କେତେ ରକ୍ତଅଛି ତାହା ଜଣା ପଡ଼ିଥାଏ । ବଞ୍ଚିବା ନିମିତ୍ତ ଆଉ କେଉଁ ପରିମାଣର ରକ୍ତ ଯୋଗାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ଜାଣି, ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସେହି ପରିମାଣର ରକ୍ତ ଯୋଗାଇ ଆହତ ସୈନିକଙ୍କୁ ବଞ୍ଚାଇ ଦିଆଯାଏ ।

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ (Nuclear Battery)

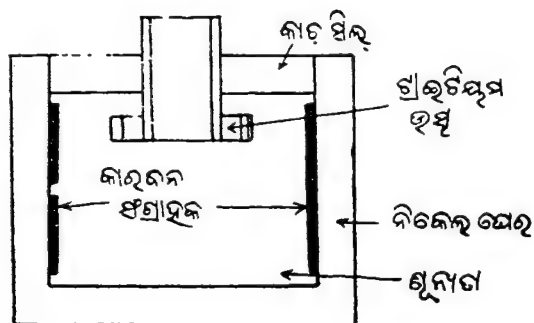
ଏହି ପ୍ରକାର ବ୍ୟାଟେରୀ ଆଣବିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରୁ ଉତ୍ପାଦିତ କଣିକା ଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତିକୁ ଉପଯୋଗ କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ । ବ୍ୟାଟେରୀ ଦୁଇ ଶ୍ରେଣୀର ।

1 । ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ବ୍ୟାଟେରୀ—ଶୂନ୍ୟତା ବା କଠିନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ (Solid Dielectric) ଦ୍ୱାରା  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ପାଦନ କରୁଥିବା ଆଇସୋଟୋପକୁ ସଂଗ୍ରହ କରୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର (Collecting Electrode) ଠାରୁ ଦୂରୀକରଣ କରାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ  $\mu A$ ରେ ମପାଯାଏ ।

2 । ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ବ୍ୟାଟେରୀ—ଏଥିରୁ 1 ଭୋଲ୍ଟ ଶକ୍ତି ମିଳେ କିନ୍ତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ  $\mu A$ ରେ ମପାଯାଏ ।

## ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ (High Voltage Nuclear Battery)

କ୍ଲୋରୋସିସ୍ଟମ୍-90, ଟ୍ରିପଟନ୍-85, ଉଦାହରଣ-3 (ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍)  $\beta$  କଣିକା ଉତ୍ପାଦନ କରେ ଏବଂ ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ ଯେ କୌଣସିଟି ତେଜସ୍ବିୟ ଉତ୍ସାହାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଏହି ତେଜସ୍ବିୟ ଉତ୍ସକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରରେ ରଖାଯାଏ । ନିକଟ-ବର୍ତ୍ତୀ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରରେ କଣିକା ଗୁଡ଼ିକ ସଂଗୃହୀତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର-ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନ ଶୂନ୍ୟତା ବା କଠିନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ ।



ନିକଟ ଅଞ୍ଚଳରେ ନିର୍ମିତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ବ୍ୟାଟେରୀର ନମୁନା ଚନ୍ଦ୍ରରେ ବଞ୍ଚିତ ହୋଇଛି । ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ତେଜସ୍ବିୟ ଉତ୍ସ ଟ୍ରାଞ୍ଜିସ୍ଟର୍ ଗ୍ୟାସ୍ ମିଶ୍ରିତ ଜିରକୋନିୟମ୍ ଧାତୁର ଏକ ପତଳା ପ୍ରଭୃତି ଅଟେ । ନିକେଲ ଘେର (Enclosure) ଭିତର ପ୍ରସ୍ତରେ କାର୍ବନ୍ର ଏକ ପତଳା ପ୍ରଭୃତି ଦିଆଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଦକ୍ଷ ସଂଗ୍ରାହକ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟକରିଥାଏ । ବହୁବିଦ୍ୟୁତ୍ କାତଅଗ୍ରକୁ ନିକେଲ ଘେର ପଦ୍ମ ଲେଇ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଘେର ମଧ୍ୟରୁ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କେନ୍ଦ୍ର ନଳୀମଧ୍ୟଦେଇ ନିରାହାର ଏହାକୁ ସିଲ୍ (Seal) କରାଯାଇଥାଏ ।

ରାଡ଼ିଏସନ୍ ଶକ୍ତିର ବର୍ତ୍ତମାନରେ ପଡ଼େଲ୍ (RIA) ବ୍ୟାଟେରୀର ବ୍ୟାସ 3/8 ଇଞ୍ଚ, ଉଚ୍ଚତା 0.531 ଇଞ୍ଚ, ଓଜନ 0.2 ଅଉନ୍ସ ଏବଂ ଏହାର ଆୟତନ 0.05 ଘନଇଞ୍ଚ ଅଟେ । ଏଥିରୁ 500 ଭୋଲ୍ଟର 160  $\mu A$  ରେ ମିଳେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ବରୂପେ ବ୍ୟାଟେରୀର ଆୟତନ 46 ଘନଇଞ୍ଚ ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ 2000 ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ 1  $\mu A$ ରେ ମିଳିପାରେ ।

ଏଥିପାଇଁ ନିର୍ମିତ ବ୍ୟାଟେରୀ ଗୁଡ଼ିକରେ ଟ୍ରାନ୍ସିସ୍ଟର୍—90 ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିଲା କିନ୍ତୁ ଉତ୍ସରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା 3ଟି ଅଇସୋଟୋପ୍ ମଧ୍ୟରୁ ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀର ଉପରେ Sr—90ର ବିଶାଳ ପ୍ରଭାବ ଅଧିକ । ଟ୍ରାଞ୍ଜିସ୍ଟର୍ର ବିଶାଳ ପ୍ରଭାବ Sr—90ର ଏକତ୍ୱକାରଣରୁ ଏକଗୁଣ ଅଟେ । Sr—90 ଓ Kr—85 ବ୍ୟବହାର କଲେ ପରୀକ୍ଷାର ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ କାରଣ ଏଥିରୁ ବିକିରଣ ରଖି ଯୋଗାଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ଟ୍ରାଞ୍ଜିସ୍ଟର୍ର ବାହ୍ୟ ବିକିରଣ ଯୋଗାଯୋଗ ନୁହେଁ । ଏହି ପ୍ରକାର ହେଉ ଟ୍ରାଞ୍ଜିସ୍ଟର୍ ତେଜସ୍ବିୟ ଉତ୍ସ ନିର୍ମିତ ଉପଯୋଗୀ ଅଟେ ।

ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ବ୍ୟାଟେରୀର ସବୁଠାରୁ ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଉପଯୋଗ ହେଲା ଚାର୍ଜ୍-ଯୁକ୍ତ ପ୍ରକାଶକ (Charged Capacitor)ର ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ କୁ ସ୍ଥିର ରଖିବା । ତେଜସ୍ବିୟ ଉତ୍ସରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ବହୁବିଦ୍ୟୁତ୍ ସେତେବେଳେ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ନିର୍ମିତ ଯଥେଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ ।

ଏ ପ୍ରକାର ବ୍ୟାଟେରୀକୁ ସ୍ଥିର ବହୁବିଦ୍ୟୁତ୍-ସେତେବେଳେ ଜେନେରେଟର୍ (Constant Current-Generator) କୁହାଯାଇପାରେ । ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ଭାରସେଧୀ (Load Resistance)ର ସମାନ୍ତରାଳ ଅଟେ । ସଂଗ୍ରାହକ (Collector)ରେ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ସଂଗୃହୀତ ହେଉଥିବା ଉତ୍ସର ଉପରେ ବହୁବିଦ୍ୟୁତ୍ ସେତେବେଳେ ନିର୍ଭର କରେ, କିନ୍ତୁ ଭାରସେଧୀ ଉପରେ ନୁହେଁ । ଅଇସୋଟୋପ୍ର ବହୁକାଳୀନ ବ୍ୟବହାର ପରେ ବହୁବିଦ୍ୟୁତ୍ ସେତେବେଳେ

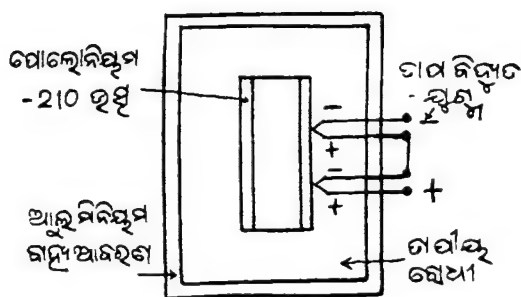
ପାଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ବରୂପ, ଟ୍ରାଙ୍କିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ ର ଗ୍ରାହ୍ୟତା 12 ବର୍ଷପରେ ଓ Sr-90 ର ଗ୍ରାହ୍ୟତା 25ବର୍ଷପରେ ଶତକଡ଼ା 50 ଭାଗକୁ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

## ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ବ୍ୟାଟେରୀ (Low Voltage Nuclear Battery)

ଏହା 3 ପ୍ରକାରର

### 1 । ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶ୍ରେଣୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ବ୍ୟାଟେରୀ (Thermo-Electric Type of Nuclear Battery)

ଏହି ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ତାପବିଦ୍ୟୁତ୍ ପୁଞ୍ଜି (Thermo pile)ର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ତେଜସ୍ବିୟତା ତାପ ଉତ୍ପାଦନରେ ନିର୍ଭର କରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 57)

0.1 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସ ପୋଲୋନିୟମ୍-210 ଗୋଲକକୁ ଯଦି ଶୂନ୍ୟରେ ଝୁଲାଇବା ତେବେ ଏଥିରେ 350 କ୍ୟୁରୀ ତେଜସ୍ବିୟତା ରହିଯାଏ ଏବଂ ଯଦି ଉତ୍ସର୍ଜିତ 0.25 ହ୍ରାସ ତେବେ ସାମ୍ୟ ଅବସ୍ଥାରେ (Equilibrium) ପୃଷ୍ଠତଳର ଉତ୍ତପ 2200°C ହେବ । ଏହାକୁ ତ ପରିସ୍ଥିତି ଶୁଦ୍ଧ ଉପଯୋଗ କଲେ ଏକ ବଳୁଆ କ୍ୟାପ୍ସୁଲ୍ ମଧ୍ୟରେ ସିଲ୍ କରିବାକୁ ହେବ ଏବଂ ଏହାଦ୍ବାରା ପୃଷ୍ଠଉତ୍ତପ 2200°C ରୁ କିଛି କମ୍ ହେବ ।



ତାପଉତ୍ସ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଯୁଗ୍ମ (Thermo Couple) ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଯୁଗ୍ମ ଏକାନ୍ତର (Alternatively) ଭାବେ ଉଷ୍ମ ଓ ବ୍ୟାଟେରୀର ପୃଷ୍ଠତଳ ସହ ତାପ ପରିବହନ ନିମ୍ନିତ୍ତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଶେଷ ପରେ ତାପ ଉତ୍ପାଦକ ସଂଯୁକ୍ତ ସଂଗମ ସ୍ଥାନ (Junction) ଓ ପୃଷ୍ଠତଳ ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ସଂଗମ ସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟରେ ତାପ ଅନ୍ତରର (Heat Differential) ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଦଶା (Steady State) ଉତ୍ପନ୍ନିତାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ଉତ୍ପତ୍ତି ହେଉଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଯୁଗ୍ମର ଉତ୍ପାଦ ହୁଏ ସହ ମାନୁଯାୟୀ । ତାପଉତ୍ସ ବହୁ ସମୟ ବ୍ୟବହାର ହେଲେ ବ୍ୟାଟେରୀ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ହ୍ରାସପାଏ । ପୋଲେନିୟମ୍—210 (ଅର୍ଦ୍ଧ-ଆୟୁକାଳ 138 ଦିନ) ରେ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ପ୍ରତ୍ୟେକ୍ ଶତକଡ଼ା 0.5 ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯଦି Sr—90 (ଅର୍ଦ୍ଧ-ଆୟୁକାଳ 20 ବର୍ଷ) ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତ୍ୟେକ୍ ଶତକଡ଼ା 0.1 ଭାଗ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ହ୍ରାସପାଏ ।

0.4 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ 7ଟି ଫୋମେଲ୍-କନଷ୍ଟାନ୍ଟନ୍ ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଯୁଗ୍ମ ସହ ଯଦି 57 କ୍ୟୁରୀ ପୋଲେନିୟମ୍—210 ରଖି ସିଲ୍ କରାଯାଏ, ତେବେ ବ୍ୟାଟେରୀରୁ 1.8 ମିଲିଓମ୍ପିଟ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇପାରିବ । 78°C ତାପ ଅନ୍ତର ଥାଇ ଏହାର ମୁକ୍ତ ପରିପଥ (Open Circuit) ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ 42 ମିଲିଭୋଲ୍ଟ । 138 ଦିନ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନ (Electrical output) ପ୍ରାୟ  $1.5 \times 10^4$  ଜୁଲ୍ (ଓମ୍ପିଟ୍-ସେକେଣ୍ଡ) । ସମସ୍ତ ବ୍ୟାଟେରୀର ଓଜନ 34 ଗ୍ରାମ୍ । ତେଣୁ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡରୁ

$$\frac{1.5 \times 10^4}{3600} (\text{ଓମ୍ପିଟ୍ ଆମ୍ପିଟ୍}) \times \frac{1}{34} \times 454 = 55.6 \text{ ଶକ୍ତିପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।}$$

ପ୍ରଚଳିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୋଷରୁ ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ କରି ଏହି ପରମାଣୁ ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବ୍ୟବହୃତ ହେଉ ବା ନ ହେଉ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀର ଶକ୍ତି କାଳକ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

କେଉଁ କେଉଁ ଅଇସୋଟୋପ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ ନିମ୍ନିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ, ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନ ଅଲୋଚନା କରାଯାଉଛି । ଯେଉଁ ଅଇସୋଟୋପଗୁଡ଼ିକର ଅର୍ଦ୍ଧ-ଆୟୁକାଳ 100 ଦିନରୁ କମ୍ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ବ୍ୟାଟେରୀର

ଉପଯୋଗୀକାଳ (Useful Period) ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଯେଉଁ ଆଇ-ସୋଟୋପଗୁଡ଼ିକର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 100 ବର୍ଷରୁ ଉଚ୍ଚ, ଏଗୁଡ଼ିକର ଉପଯୋଗ ଦ୍ଵାରା ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ଖୁବ୍ କମ୍ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ସେତେ ଲଭଦାୟକ ନୁହେଁ । ଦୀର୍ଘ ଆୟୁକାଳ ଓ ଅଳ୍ପ ଆୟୁକାଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଆଇସୋଟୋପଗୁଡ଼ିକୁ ଯଦି ଉପଯୋଗ ନ କରାଯାଏ ତେବେ 137ଟି ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରିବେ ନାହିଁ ।

ପୋଲୋନିୟମ—238 ଟେନ ଅଭିଜିୟା ଗୁଲୁ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ଅସମର୍ଥ । କିନ୍ତୁ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ଏହାକୁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ । Sr—90 ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ପାରିବ । ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ-ଯୁଗ୍ମ ନିମିତ୍ତ ଲେଡ୍-ଟେଲୁରାଇଡ୍ ମିଶ୍ର ଧାତୁର ବହୁଳ ବ୍ୟବହାର ଦେଖାଯାଏ ଏବଂ ଏହା 200°C ଓ 480°C ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଫିଲିକା-ଇରମାନିୟମ ମିଶ୍ର ଧାତୁ 800° C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ ।

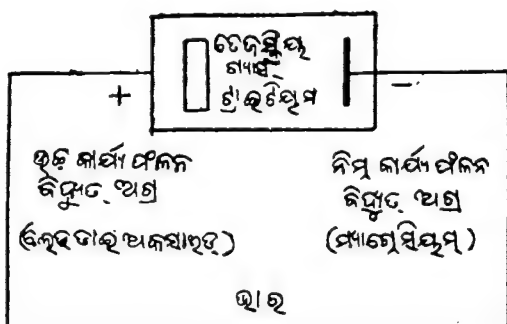
ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି 5-60 ଓହ୍ଲଟି ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇ ପାରିଛି । ଯେତେବେଳେ ପରିରକ୍ଷକର ଆବଶ୍ୟକତା ନ ଥାଏ (ମନୁଷ୍ୟ ବିହୀନ ଅନ୍ତରାକ୍ଷ ଯାନରେ) ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ, ପ୍ରଚଳିତ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହ ସମାନ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରିଥାଏ ଏବଂ ଓଜନରେ ମଧ୍ୟ ହାଲୁକା ହୋଇଥାଏ । SNAP—3 ଓ SNAP—9A (Systems for Nuclear Auxilliary Power)ର ଓଜନ ମାନ

1—2 lbs/watt Range

## ଗ୍ୟାସ୍ ଆୟନୀକରଣ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ

(Gas Ionisation Nuclear Battery)

ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ଏକ ଗ୍ୟାସକୁ  $\beta$ -ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରୁଥିବା ଏକ ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ଵାରା ଆୟନୀକୃତ କରାଯାଏ । ପ୍ରତି  $\beta$ -କିରୀର ଦ୍ଵାରା 200ଟି ଆୟନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଲେଡ୍ ଡାଇଅକ୍ସାଇଡ୍ [ଉଚ୍ଚ କାର୍ଯ୍ୟ ଫଳନ (High Work Function) ] ଓ ମାଗ୍ନେସିୟମ୍ [ ନମ୍ନ କାର୍ଯ୍ୟ ଫଳନ (Low Work Function) ] ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବିଦୁର ଅନ୍ତ ଅଟନ୍ତି । ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ ଅନ୍ତ ଦ୍ଵୟରେ ସ୍ପର୍ଶ ବିଭବାନ୍ତର (Contact Potential Difference) ଦ୍ଵାରା ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଗ୍ୟାସ୍ରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଭାବରେ ବିଚରଣ କରି ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରୋତ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିଥାନ୍ତି ।



( ଚିତ୍ର ନଂ 58 )

ଦୁଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଗୁପ୍ତରେ ଆବରଣ ଗ୍ୟାସ୍‌ସହ ଏକ କୋଷ (Cell) ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରଦ୍ରବ୍ୟ ଲେଡି ତାଳାନ୍ତରାଳରୁ ଓ ମ୍ୟାଗ୍ନେସିୟମରେ ନିର୍ମିତ । 0.01 ଘନସଂଖ୍ୟ ଆୟତନରେ 1.5 ମିଲିଲିଟ୍ର ଟ୍ରାଞ୍ଜିଷ୍ଟର ଗ୍ୟାସ୍ ଡେଲ୍‌ସିୟମ୍ ଉଷ୍ମ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏଥିରୁ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ  $1.6 \times 10^{-9}$  ଆମ୍ପିୟର ମିଳିଥାଏ । ପ୍ରତି କୋଷର ମୁକ୍ତ ପରିପଥ ଭୋଲଟେଜ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ଦ୍ରବ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣ ବିଭବାନ୍ତର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମୁକ୍ତ ପରିପଥ ଭୋଲଟେଜ୍ 1.5 ଭୋଲଟ୍ ଅଟେ । କୋଷଗୁଡ଼ିକୁ ମାଳା (Series) କରି ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଆବଶ୍ୟକ ଅନୁପ୍ରାପ୍ତି ଭୋଲଟେଜ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ତାପାୟନକ (Thermionic) ଜେନେରେଟର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ତାପ ଯନ୍ତ୍ରଣା ଜେନେରେଟରରେ ଟଙ୍ଗଷ୍ଟନ ବା ରେନିୟମ ଧାତୁ ନିର୍ମିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର 1200—1800° C ଉତ୍ତପ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇ ତାପାୟନ ଉତ୍ସର୍ଜନ କରାଥାନ୍ତି । ସଂଗ୍ରାହକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର 500—900° C ଉତ୍ତପ୍ତରେ ରହେ ଏବଂ ଏହା ମଲ୍‌କାଡେନମ୍, ନିକେଲ ବା ନିଓବିୟମ ଧାତୁ ନିର୍ମିତ । ଉତ୍ତପ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ 1—2 ମିଲିମିଟର ପଥ ଅତିକ୍ରମ କରି ସଂଗ୍ରାହକକୁ ଯାଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ସଂଗ୍ରାହକରୁ ବାହ୍ୟ ପରିପଥ ଦେଇ ପୁନର୍ବାର ଉତ୍ସର୍ଜକକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କରାଥାନ୍ତି ।

ଆୟନକରଣ ଛାନ୍ଦ ସିକ୍ଲିୟମ ବାଷ୍ପ ଦ୍ୱାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଏବଂ ଏହି ବାଷ୍ପର କାର୍ଯ୍ୟ ଦ୍ୱିବିଧ ଅଟେ । ପ୍ରଥମତଃ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରଦ୍ରବ୍ୟ ସିକ୍ଲିୟମ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ଅଧିଶୋଷିତ (Adsorbed) ହେବାରୁ ଏମାନଙ୍କ କାର୍ଯ୍ୟକଳନ ହ୍ରାସପାଇ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରଭାବ ରହୁଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟତଃ

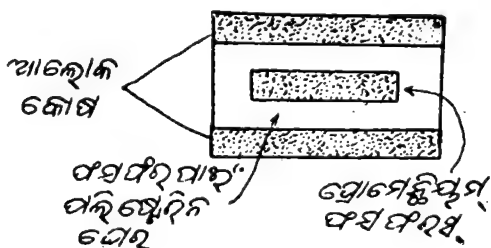
ଏହା ଏକ ଅପୂର୍ବତ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ସୃଷ୍ଟି କରିବାରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସ୍ଥାନରୁ (Electron Space Charge) ନିଷ୍କୃତ ହୋଇଥାଏ ।

ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅବସ୍ଥା ସଂକେନ୍ଦ୍ରିତ ହୋଇ ଶକ୍ତି (Concentrated Solar Energy), ତେଜସ୍ବିୟ ଅଭିଯୋଗେ ବା ପ୍ରକଳିତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶିଖାରୁ ତାପ-ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଅଭିଯୋଗ ଆରମ୍ଭ ପରେ ମୁକ୍ତ ଉତ୍ସର୍ଜନ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଏକ ସମୟା ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଏ, ଯାହାକି ଅତି ସହଜରେ ସମାଧାନ କରାଯାଇ ପାରେ । ସଂଗ୍ରାହକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅବସ୍ଥା ଶୀତଳୀକରଣ ନିମିତ୍ତ ତାପନଳୀ (Heat Pipe)କୁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ ।

ଏହି ତାପନଳୀ ଏକ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ଅଟେ । ସିଲିଣ୍ଡରର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହେବାଦ୍ୱାରା ତାପ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଅପର ପ୍ରାନ୍ତରେ ବାଷ୍ପ ଘନଭୂତ ହେବା ଦ୍ୱାରା ତାପ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଘନଭୂତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ତାପ ଅବଶୋଷିତ ହେଉଥିବା ପ୍ରାନ୍ତକୁ ପୁନର୍ବାର କୈଶିକ ଆକର୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ଫେରି ଆସିଥାଏ । ଏହି ତାପ-ନଳୀ ଦ୍ୱାରା ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ତଥା ବା ସିଲିଣ୍ଡରର ଅପେକ୍ଷା 10,000 ଗୁଣ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।

## ପ୍ରସ୍ତୁରକ ଆଲୋକକୋଷ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ (Scintillator-Photocell Nuclear Battery)

ଏ ପ୍ରକାର କୋଷରେ ଦୁଇଟି ପରିବର୍ତ୍ତନ ପଦ୍ଧତି ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଇଥାଏ ।  
ଫି-କଣିକା ଶକ୍ତି ଆଲୋକ ଶକ୍ତିରେ ଏବଂ ଆଲୋକଶକ୍ତି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।



ଏଥି ସକାଶେ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ଆଲୋକଉତ୍ସ (Light Source) ଓ ଆଲୋକ କୋଷ (Light Cell) ଥାଏ ।

ସ୍ପଷ୍ଟ ବିକିରଣ ରୋଧୀ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ (Transparent Radiation Resistant Plastic)ର ଆବରଣ ମଧ୍ୟରେ ତାପ ଉତ୍ସକୁ ସିଲ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ତାପଉତ୍ସ ଫସ୍ଫରସ୍ ଗୁଣ୍ଡ ଓ ପ୍ରୋମେନ୍‌ଡିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ( $Pm_2O_3$ ) ଗୁଣ୍ଡର ଏକ ମିଶ୍ରଣ ଅଟେ । ଆଲୋକ ଉତ୍ସର ଆକାର ଏକ ପତଳା ଥାଳି ଭଳି । ଆଲୋକ କୋଷ ଏହି ଆଲୋକ ଉତ୍ସର ଉଭୟ ପଟେ ଥାଏ । ଆଲୋକ କୋଷଗୁଡ଼ିକ ସୌର କୋଷର ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଆକାର ଏବଂ ଉତ୍ପାଦନ-ପ୍ରଣାଳୀ ଶ୍ରେଣୀୟ ।

$\beta$ -ବିକିରଣ ଦ୍ଵାରା ଆଲୋକ କୋଷଗୁଡ଼ିକର ଆବରଣ କ୍ଷତିଗ୍ରସ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ପଲିଷ୍ଟାୟନ ଆବରଣ ମଧ୍ୟରେ ଆଲୋକ ଉତ୍ସ ନିରାପଦରେ ରହିପାରେ । ସିଲିକନ ଆଲୋକ କୋଷ ନିମିତ୍ତ କାଡ଼ମ୍ବିୟମ୍ ସଲଫାଇଡ୍ ଅଥବା କାଡ଼ମ୍ବିୟମ୍ ଓ ଜିଙ୍କ ସଲଫାଇଡ୍‌ର ମିଶ୍ରଣ ଅତି ଉପଯୁକ୍ତ ଅଟେ ।

ଏକ ମଡେଲ୍ (Prototype) ବ୍ୟାଟେରୀରେ 50 ମିଲିଗ୍ରାମ୍ ଫସ୍ଫରସ୍ 5 ମିଲିଗ୍ରାମ୍ ପ୍ରୋମେନ୍‌ଡିୟମ୍—147 ଆଇସୋଟୋପର ମିଶ୍ରଣ ଆଲୋକଉତ୍ସ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥାଏ । ଏହି ପ୍ରୋମେନ୍‌ଡିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ  $\beta$ -କଣିକା ଉତ୍ପାଦନ କରୁଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 2.6 ବର୍ଷ । ଫସ୍ଫରସ୍ କଣିକା ଧ୍ଵସ୍ତରେ ଏହା ହାଇଡ୍ରୋକ୍ସାଇଡ୍‌ର ଏକ ଆବରଣ ଭଳି ସଂରକ୍ଷିତ ହୁଏ ଏବଂ ଶୁଷ୍କ ହେବାପରେ ଏଥିରୁ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ମିଳେ । ଏହି ବ୍ୟାଟେରୀରୁ  $20 \times 10^{-6}$  ଆମ୍ପିୟର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ 1 ଭୋଲ୍ଟରେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 2-6 ବର୍ଷ ପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଶତକଡ଼ା 50 ଭାଗକୁ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ କିନ୍ତୁ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ହ୍ରାସ ମାତ୍ର ଶତକଡ଼ା 5 ଭାଗ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହି ବ୍ୟାଟେରୀ ନିମିତ୍ତ ପରିରକ୍ଷକର ଆବଶ୍ୟକତା ହୋଇଥାଏ । ପରିରକ୍ଷକ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ନ ଥିବା ବ୍ୟାଟେରୀର ଆୟୁତନ 0.014 ଦିନରୁ ଏବଂ ଓଜନ 0.016 ଆଉନ୍ସ । ବ୍ୟବହୃତ ହେଉ ବା ନ ହେଉ 2.5 ବର୍ଷକାଳ ମଧ୍ୟରେ ଏଥିରୁ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ 0.32 ଓ.ଏ.ଆର୍. ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ପାଉଣ୍ଡ ପ୍ରତି 320 ଓ.ଏ.ଆର୍. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ମିଳୁଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଶକ୍ତି ରାସାୟନିକ ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ମିଳୁଥିବା ଶକ୍ତିର ପ୍ରାୟ 6 ଗୁଣ । ଯଦି ପରିରକ୍ଷକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ ଏହାର ଆୟୁତନ 0.07 ଦିନରୁ ଏବଂ ଓଜନ 0.06 ଆଉନ୍ସ ହୋଇଥାଏ ।  $200^\circ F$  ତାପରେ ଏହି କୋଷ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରହିପାରେ ।

## ସପ୍ତମ ଅଧ୍ୟାୟ

### ଭାରତ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡୁର

#### ପୃଥିବୀର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଦେଶ ଭୂଲିନାରେ ଭାରତର ସ୍ଥାନ

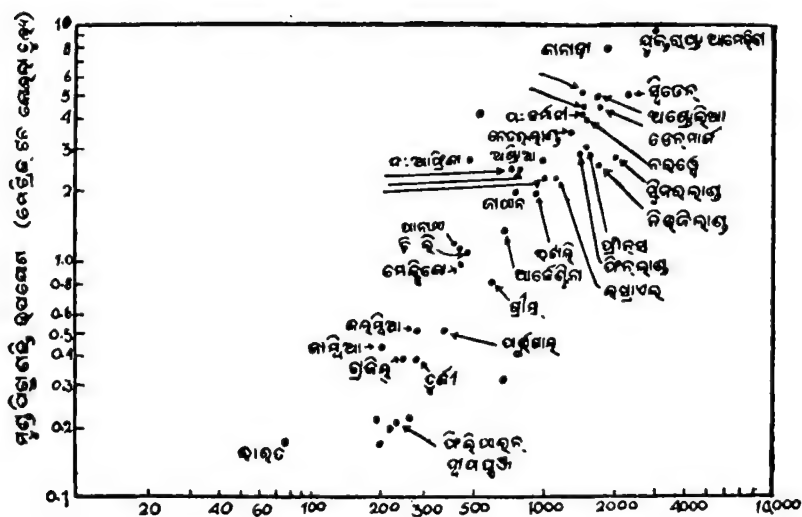
ଅତି ଉନ୍ନତ ଦେଶକୁ ଗୁଡ଼ିଫେଲେ ମଧ୍ୟମ ଧରଣର ଉନ୍ନତ ଦେଶ ଭୂଲିନାରେ ମଧ୍ୟ ଭାରତର ମୁଣ୍ଡପିଛା ଆୟ ଓ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ସବୁଠାରୁ କମ୍ ଅଟେ ।

ସାରଣୀ— ୫ \*

ଦେଶ	ମୁଣ୍ଡପିଛା ଜାତୀୟ ଆୟ (ଆମେରିକା ଡଲାର)	ମୁଣ୍ଡପିଛା ପାଣ୍ଡୁର ଉପଯୋଗ କିଲୋଓଫ୍ଟ ଆଫ୍ଟର
ଆମେରିକା	3,842	6,345
ସ୍ୱିଡେନ	2,732	6,484
କାନାଡା	2,660	7,907
ଅଷ୍ଟ୍ରେଲିଆ	2,172	3,329
ଫ୍ରାନ୍ସ	2,052	2,202
ଜର୍ମାନୀ	2,004	3,040
ୟୁ. କେ.	1,925	2,703
ଇସ୍ରାଏଲ	1,504	1,740
ଲଟ୍ଟାଲି	1,182	1,730
ଜାପାନ	986	2,171
ମେକସିକୋ	493	432
ଟେଓଫ୍ରାନ	245	593
ଭାରତ	92	75

\* 1966 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ମିଳିଥିବା ଗଣନା ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବସିତ ।

ଆନ୍ତର୍ଜାତୀକ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଏଜେନ୍ସି (International Atomic Energy Agency) ଦ୍ଵାରା ବିଭିନ୍ନ ଦେଶର ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ରତିଷ୍ଠାପିତ କ୍ଷମତା (Installed Capacity)ର ଏକ ଅଙ୍କନ କରାଯାଇଛି । ତାହା ସାରଣୀ ୨ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।



## ସାରଣୀ—୨

1969	1970	1974
1—ଆମେରିକା	ଆମେରିକା	ଆମେରିକା
2—ୟୁ. କେ	ୟୁ. କେ	ୟୁ. କେ
3—ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ	ଫ୍ରାନସ	ଜାପାନ
4—ଫ୍ରାନସ	ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ	କାନାଡା
5—ଜର୍ମାନୀ	କାନାଡା	ସ୍ବିଡେନ
6—ଇଟାଲି	ଜାପାନ	ଜର୍ମାନୀ
7—ସ୍ପେନ	ଜର୍ମାନୀ	ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ
8—ଭାରତ	ଇଟାଲି	ଫ୍ରାନସ
9—ଜାପାନ	ସ୍ପେନ	ସ୍ପେନ
10—ସ୍ବିଜରଲଣ୍ଡ	ସ୍ବିଡେନ	ସ୍ବିଜରଲଣ୍ଡ
11—କାନାଡା	ଭାରତ	ବେଲଜିୟମ
12—ସ୍ବିଡେନ	ସ୍ବିଜରଲଣ୍ଡ	ଇଟାଲି
13—ଜେକୋସ୍ଲାଭିକ୍‌ସ୍ଲାଭିଆ	ଜେକୋସ୍ଲାଭିକ୍‌ସ୍ଲାଭିଆ	ଭାରତ
14—ନେଦରଲଣ୍ଡ	ପାକିସ୍ତାନ	ରୁଲ୍‌ଗେରୀଆ
15—ବେଲଜିୟମ	ନେଦରଲଣ୍ଡ	ଫିନଲଣ୍ଡ

<ହ ସାରଣୀରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଜଣାଯାଏ ଯେ 1969 ମସିହାରେ ଭାରତର ସ୍ଥାନ ଅଷ୍ଟମ ଥିବାବେଳେ 1970 ରେ ଏକାଦଶ ଏବଂ 1974 ରେ ଯଯୋଦଶ ହେବାର ଅନୁମାନ କରାଯାଉଛି । ଅନ୍ୟ ଦେଶଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଗତି କଲବେଳେ ଭାରତର ପ୍ରଗତି ଖୁବ୍ ପଛରେ ପଡ଼ିଛି ।

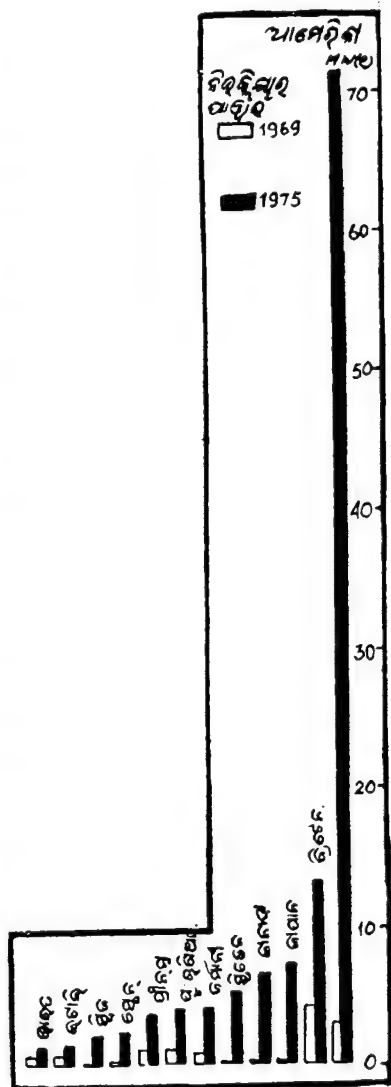
ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ 1954 ମସିହାରେ ପୃଥିବୀରେ ସର୍ବପ୍ରଥମେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲା, କିନ୍ତୁ ବ୍ରିଟେନର ଅଧିକ ସଫଳତା ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ଶିଖାଉଥିଲା, ଏପରିକି ଆମେରିକାଠାରୁ ମଧ୍ୟ ଅଧିକ ଥିଲା । କିନ୍ତୁ 1969 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ଆମେରିକା ଏହି ବୈଷୟିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏତେ ପ୍ରଗତି କଲା ଯେ ବ୍ରିଟେନକୁ ପଛରେ ପକାଇଦେଲା । 1975 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ଅଟେକଲରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ଆମେରିକା ଅନ୍ୟଦେଶମାନଙ୍କଠାରୁ ପ୍ରାୟ 6 ଗୁଣ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ । ତା ପଛକୁ ରହିବ ବ୍ରିଟେନ । ଜାପାନ, କାନାଡା ଓ ସ୍ବିଡେନର ସ୍ଥାନ ଯଥାକ୍ରମେ ହେବ ତୃତୀୟ, ଚତୁର୍ଥ ଓ ପଞ୍ଚମ ।



## ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡୁର ଓ ଭାରତର ପଡୋଶୀ ରାଜ୍ୟମାନଙ୍କର ପ୍ରଗତି

ଚୀନ :— 1964 ଜୁଲାଇ ଅକ୍ଟୋବର 16 ତାରିଖରେ ଚୀନ ଗୋଟିଏ 20 କିଲୋଟନ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ କରିଥିଲା । ଏହି ବୋମା u-235 ଶ୍ରେଣୀର । 3 ବର୍ଷ ପରେ 1967 ଜୁନ 17 ତାରିଖରେ ପ୍ରଥମ ଉତ୍କଳ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ କରିଥିଲା । 1969 ସେପ୍ଟେମ୍ବର 23 ତାରିଖରେ ଭୁବନେଶ୍ୱର ବିସ୍ଫୋରଣ କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଇଂଜିନିୟରିଂ (NEE)ର ବୈଷୟିକ ଜ୍ଞାନ ହାସଲ କରିଥିଲା । ଚୀନର ଏହି ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଗତି ଦ୍ୱାରା ପୃଥିବୀବାସୀ ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟ ହୋଇ ଯାଇଥିଲେ ।

ଚୀନର ଏହି ପ୍ରଗତି ଦୁଇଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ହୋଇଥିବାର ଅନୁମାନ କରାଯାଏ । 1959 ପୂର୍ବରୁ ଚୀନ ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରଗତିନିମ୍ନ ଯୋଦ୍ଧାତ୍ୱ ଯୁଦ୍ଧର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରୁଥିଲା । 1957 ରେ ଚୀନ ଓ ସୋଭିଏତ ଯୁଦ୍ଧର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଚୁକ୍ତି ସ୍ୱାକ୍ଷର ହୋଇଥିଲା । ଏହା ଅନୁଯାୟୀ ସୋଭିଏତ ଯୁଦ୍ଧର ଚୀନକୁ କ୍ଷମା ଡିଜାଇନ୍ ଯମେତ ଜାଗାସ୍ଥ ପ୍ରଦରଷା ନିମିତ୍ତ ନୂତନ ବୈଷୟିକ ଜ୍ଞାନ ଯୋଗାଇଦା ନିମିତ୍ତ ଚୁକ୍ତିବଦ୍ଧ ହୋଇଥିଲା । ଏହି ଚୁକ୍ତି ଅନୁସାରେ ସାମାଜିକ ଶାନ୍ତିର, ସାମାଜିକ ପ୍ରଗତି କେତେକ ଚୀନରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲା, କିନ୍ତୁ ବୋମା ଡିଜାଇନ୍ ଓ ପ୍ରସ୍ତୁତ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ କୌଶଳ ଚୀନ ସୋଭିଏତ



ସୁନାମଠାରୁ ପାଇପାଇ ନଥିଲା । ତାପରେ ଚୀନ ଓ ସୋଭିଏତ ସୁନାମ ମଧ୍ୟରେ ବିବାଦ ଉଠିଲା । 1959 ପରେ ଚୀନ ପ୍ରଚରଣା କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆମେରିକୀୟ ଶ୍ରେଣୀ-ପତ୍ତନ । ସେହି ଦିନଠାରୁ ପ୍ରାୟ 40ଟି ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ରତିଷ୍ଠାନ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି ।

ଲ୍ୟାଞ୍ଚ (Lanchow) ଠାରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିବା ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ 1963 ରେ ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଛି ଏବଂ ଏଥିରୁ ବାର୍ଷିକ 100 କିଲୋଗ୍ରାମ  $u-235$  ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ । ଆଉ ଏକ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ନିର୍ମାଣ ପ୍ରାୟ ଶେଷ ହେବା ଉପରେ । 1967 ମସିହାରୁ ଯୁମେନ ଆଣବିକପ୍ଲାଣ୍ଟ (Yumen Atomic Plant) ବାର୍ଷିକ 200 କିଲୋଗ୍ରାମ  $Pu-239$  ଉତ୍ପାଦନ କରୁଛି ।

ଚୀନର ସିଙ୍ଗିଆଙ୍ଗ୍ (Sinkiang), କ୍ୟାଙ୍ଗ୍ସି (Kiangsi) କ୍ଵାଙ୍ଗଟୁଙ୍ଗ୍ (Kwangtung) ଠାରେ ବହୁ ପରିମାଣର ସୁରାଜୟମ୍ ଧାତୁପିଣ୍ଡ ମହଜୁଦ୍ ଅଛି ଏବଂ ଏଥିରୁ ପ୍ରତିଦିନ 2500 ଟନ୍ ନିଷ୍କାସନ କରାଯାଇପାରେ । ଚୁଚୋ (Chuchow) ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ସାମାନ୍ୟ ସଂଯାୟନ ପରେ ଧାତୁ ପିଣ୍ଡକୁ ଜେକୋସ୍ମୋସ୍ଟାସିଆ ପ୍ରେରଣ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ସୁରାଜୟମ୍ ନିଷ୍କାସନ ହୁଏ । ନିଷ୍କାସିତ ସୁରାଜୟମ୍ ଅଧିକ ଚୀନ ନିଷ୍କାସନ ମୂଲ୍ୟ ଆକାରରେ ଦିଏ ।

## ପାକିସ୍ତାନ—

ଗତ 10 ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ 40 କୋଟିରୁ ଅଧିକ ଟଙ୍କା, ଗବେଷଣା ଓ ଉନ୍ନୟନ କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ ଏବଂ କରାଗରେ 137 ମେଗାଓର୍ଡ୍ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପାଠ୍ୟାବଳୀ କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ବ୍ୟୟିତ ହୋଇଛି । ଭାରତର ଭାବା ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର ଭଳି ପାକିସ୍ତାନରେ PINSTECH (Pakistan Institute of Nuclear Science & Technology) ଇସ୍ଲାମାବାଦଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ପାକିସ୍ତାନର 5 ମେଗାଓର୍ଡ୍ ସ୍ପିମିଙ୍ଗ୍‌ସ୍ ଟେକ୍ନିକ୍ସରୁ ଡେଜିନିଓସ୍ ଅଇସୋଟୋପ ଉତ୍ପାଦିତ ହେଉଛି । ଲହୋରଠାରେ ଏକ I4 ମେଗାଓର୍ଡ୍ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଜେନେରେଟର୍ ଏବଂ ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରାଜୟମ୍ ହାଲୁକାଜଳ ମନ୍ଦିତ ଟେକ୍ନିକ୍ସରୁ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି ।

କରାଚିଠାରେ 70 କୋଟି ଟଙ୍କା ବ୍ୟୟରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପାଠ୍ୟାବଳୀ ତଥା ନିର୍ମାଣ-ବର୍ଗୀକରଣପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପିତ ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ 300 ମେଗାଓର୍ଡ୍ ପାଠ୍ୟାବଳୀ ଏବଂ ପ୍ରତିଦିନ 50 ଲକ୍ଷ ଗ୍ୟାଲନ୍ ଲବଣମୁକ୍ତ ଜଳ ମିଳିପାରିବ । ବହୁପରିମାଣେ ଡେଜିନିଓସ୍ ବାଲି

ଏବଂ ସୁରକ୍ଷିତ ଓ କିରୀଟିତ ଥିବା ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ କଳ୍ପିତ କାର୍ଯ୍ୟରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଇ ଏବଂ ସିଲିକନ୍ ବାଲି ଏବଂ ଡେକାଡେକାଲିନରେ ଥିବାର ସନ୍ଦେହ ନାହିଁ ।

## ଶିଳ୍ପ ଓ ବର୍ମା :—

ଏହି ଦେଶ ଗୁଡ଼ିକରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ଗ୍ରାହଣୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଅଛି ।

## ସମୃଦ୍ଧ ସୁରକ୍ଷିତ ଉତ୍ପାଦନରେ ପ୍ରତିଯୋଗିତା

ଦେଶଗୁଡ଼ିକ ଯେତେ ଯେତେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ଶିଳ୍ପରେ ଅଗ୍ରଗତି କରୁଛନ୍ତି ସେତେ ସମୃଦ୍ଧ ସୁରକ୍ଷିତ ଉତ୍ପାଦନ ବୃଦ୍ଧିପାଇଁ । ଅନ୍ତରାଳ କରାଯାଇଛି ଯେ ପାଶ୍ଚାତ୍ୟ ଦେଶଗୁଡ଼ିକ 1975 ସୁଦ୍ଧା 18,000 ଟନ୍, 1980 ସୁଦ୍ଧା 36,000 ଟନ୍ ଏବଂ 1985 ସୁଦ୍ଧା 72,000 ଟନ୍ ସମୃଦ୍ଧ ସୁରକ୍ଷିତ ଆବଶ୍ୟକ କରିବେ ।

ସୁରକ୍ଷିତ ପୃଥକୀକରଣ ବର୍ତ୍ତମାନ ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ଶିଳ୍ପବିଜ୍ଞାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରୁଛି । ଆମେରିକାରେ 3ଟି ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଅଛି ଏବଂ ଏଥିରୁ 17,000 ଟନ୍ ସମୃଦ୍ଧ ସୁରକ୍ଷିତ ମିଳେ । ପୃଥକୀକରଣ ଦେଶକୁ ସମୃଦ୍ଧ ସୁରକ୍ଷିତ ଉତ୍ପାଦନ କରିବାରେ ଆମେରିକା ପ୍ରଥମ ସ୍ଥାନ ଅଧିକାର କରୁଛି । ଚୁଷ୍ଟିରେ ଏକ ବିଶେଷ ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଅଛି । ବ୍ରିଟେନ୍ ଓ ଫ୍ରାନ୍ସରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରତ୍ୟେକଙ୍କର ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ ଉତ୍ପାଦନ ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଅଛି । ଚୀନ୍ରେ ମଧ୍ୟ ଗୋଟିଏ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଅଛି ।

ସୁରକ୍ଷିତ ଦେଶମାନଙ୍କ ସହ ସହାୟତା ନକରି ଆମେରିକା ଏହି ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଗୁଡ଼ିକର ସହାୟତା କରି ବିଦେଶକୁ ଅଧିକ ସମୃଦ୍ଧ ସୁରକ୍ଷିତ ଉତ୍ପାଦନ କରି ଦେଖିବା ମୁଦ୍ରା ହାସଲ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯୋଜନା କରୁଛି । ଅପରପକ୍ଷେ ସୁରକ୍ଷିତ ରାଷ୍ଟ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଆମେରିକା ଉପରେ ସମୃଦ୍ଧ ସୁରକ୍ଷିତ ନିମିତ୍ତ ଆଉ ନିର୍ଭର ନକରି ଆତ୍ମ-ନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବା ନିମିତ୍ତ ଲାଗିପଡ଼ିଲେଣି ଏବଂ ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ଗ୍ୟାସ୍ ଅପେକ୍ଷା ପକ୍ଷେ ଅବଲମ୍ବନ କରୁଛନ୍ତି ।

ପଶ୍ଚିମଜର୍ମାନୀ, ବ୍ରିଟେନ୍, ନେଦରଲ୍ୟାଣ୍ଡ, 350 ଟନ୍ର ଗ୍ୟାସ୍ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଚକ୍ରବର୍ତ୍ତୀ ହୋଇଛନ୍ତି । ଇଂଲଣ୍ଡର ଚେସାୟାର୍ସ କାପେନ୍ସ୍ଟ୍ରା

(Capenhurst) ଠାରେ ନେଦର୍ଲ୍ୟାଣ୍ଡର ଆଲ୍‌ମେଲୋ (Almelo) ଠାରେ ଅପକେନ୍ଦ୍ରୀ ଘୋପାନ (Centrifuge Cascade) ନିର୍ମାଣ କାର୍ଯ୍ୟ ଆଗେଇ ଚାଲିଛି । ଫ୍ରାନ୍ସ ଅନ୍ୟ ଦେଶ ସହଯୋଗରେ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ କରି 1980 ମସିହା ପୂର୍ବରୁ 6000ରୁ 10,000 ଟନ୍ ସମ୍ପୃକ୍ତ ସୁରାନ୍ୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରିବାର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ କରୁଛି । ଫ୍ରାନ୍ସ ମଧ୍ୟ ଅପକେନ୍ଦ୍ରୀ ଘଟକ ଅବଲମ୍ବନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ପରୀକ୍ଷା କରୁଛି । ସ୍ବିଡେନ୍ ଓ ନରୱେ ମଧ୍ୟ ସୁରାନ୍ୟମ୍ ପୃଥକ୍ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯୋଜନା କରୁଛନ୍ତି । ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ଯାହା ଖର୍ଚ୍ଚ ହୁଏ, ତାହା ଗ୍ୟାସ୍ ଅପକେନ୍ଦ୍ରୀ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଖର୍ଚ୍ଚ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରାୟ 4ଗୁଣ । ତା ଛଡା ଗ୍ୟାସ୍ ଅପକେନ୍ଦ୍ରୀ ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ଅଳ୍ପ ପାଣ୍ଡ୍ୟର ଉପଯୋଗ ହୋଇଥାଏ ।

କମ୍ୟୁନିଷ୍ଟ ଦେଶମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପୃକ୍ତ ସୁରାନ୍ୟମ୍ ଓ ଇନ୍ଦନ ସଂସାଧନ ପଦ୍ଧତି ପୂର୍ବପୁର ରୁଷିଆର ନିୟନ୍ତ୍ରଣାଧୀନ । ଏହାକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବାର ମୁଖ୍ୟତଃ ଦୁଇଟି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ । ପ୍ରଥମରେ ରୁଷିଆ ଶାନ୍ତି ଟକ୍ତି ଶିଳ୍ପଶାଳାକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବା ଏବଂ ଦ୍ବିତୀୟରେ ଯୁଦ୍ଧ-ସରଞ୍ଚାମ ରୁଷିଆବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ପଡୋଶୀ ରାଷ୍ଟ୍ର ଯେପରି ପ୍ରସ୍ତୁତ ନକରି ପାରିବେ ।

ପୂର୍ବ ସୁରୋପୀୟ ରାଷ୍ଟ୍ରଗୁଡ଼ିକୁ ରୁଷିଆର ଶେଷର ବିକ୍ରି ଏବଂ ସାହାଯ୍ୟ ପାଇଁ ଶରଣ ରୁଦ୍ଧ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କେକୋସ୍ଲୋଭାକିଆ ଓ ରୁମାନିଆ, କାନାଡାକୁ ଭାର୍ତ୍ତନଳ ଶାନ୍ତି ଟକ୍ତି ଖର୍ଚ୍ଚ କରିବା ପ୍ରସ୍ତାବକୁ ରୁଷିଆ ଅନୁମୋଦନ କରୁଛି ।

## ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଣ୍ଡ୍ୟର ଆବଶ୍ୟକତା କାହିଁକି ? :—

ଆଧୁନିକ ଯୁଗରେ ଦେଶର ପ୍ରଗତି ମୁଣ୍ଡ ଟିକ୍ତ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯେଉଁ ଦେଶରେ ମୁଣ୍ଡ ଟିକ୍ତ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ଯେତେ ଅଧିକ ସେ ଦେଶ ସେତେ ପ୍ରଗତିଶୀଳ । ହିସାବରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ ଏ ସେକ୍ଟରେ ଭାରତର ସ୍ଥାନ ଅନ୍ୟ ଦେଶ ତୁଳନାରେ ନ୍ୟୁନ । ସମସ୍ତ ସୁରୋପୀୟ ରାଷ୍ଟ୍ରଗୁଡ଼ିକରେ ଇନ୍ଦନ ମୁଣ୍ଡ ଟିକ୍ତ ଯାହା ଉପଯୋଗ ହୁଏ, ତାହା ତୁଳ୍ୟ କୋଇଲର 1:1 ଭାଗ ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଉପଯୋଗ ହୁଏ । ଉତ୍ତର ଆମେରିକା ସହ ତୁଳନା କଲେ ଏହା ଆହୁରି କମ୍ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁରୋପରେ ଯେଉଁ ହାରରେ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ହେଉଛି, ଏ ଶତାବ୍ଦୀ ଶେଷ ପୂର୍ବରୁ ଆମକୁ ସେ ପ୍ରକାର ପଦ୍ଧତିକୁ ହେଲେ ମହଜୁଦ୍ ଥିବା ସମସ୍ତ ପ୍ରଚଳିତ ଇନ୍ଦନ ଖୁବ୍ ଅଳ୍ପ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଶେଷ ହୋଇଯିବ । ଯଦିବତ ଅଦୃଶ୍ୟ ପ୍ରଚଳିତ ଇନ୍ଦନ ଉତ୍ପାଦନ ସମ୍ଭବ, ତଥାପି ଏଥିରେ ବିଶେଷ କିଛି ପଦକ୍ଷେପ ନେବାକୁ ହେବନାହିଁ । କାରଣ ଯେଉଁ ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ମିଳିବ

ତାହା ଗୁଡ଼ିଆ ମେଣ୍ଟାଇବାକୁ ଯଥେଷ୍ଟ ନୁହେଁ । ଯଦି ଭାରତର ଜନସଂଖ୍ୟା 2000 ମସିହା ପୂଜା 60 କୋଟି ହୁଏ ଏବଂ ବାର୍ଷିକ ମୁଣ୍ଡମିଶ୍ର ଏକଟନ କୋଇଲା ତୁଲ୍ୟ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତିବର୍ଷ 60 କୋଟି ଟନ କୋଇଲା ତୁଲ୍ୟ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ହେବ । ଯଦି ଏହି ଆବଶ୍ୟକତାର ଶତକଡ଼ା 40 ଭାଗ କେବଳ କୋଇଲାରୁ ମିଳେ ଏବଂ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ, ଜୈଳ ଓ ଗ୍ୟାସରୁ ମିଳେ ତେବେ ଆମକୁ ଆହୁର 24 କୋଟି ଟନ କୋଇଲା ଉତ୍ପାଦନ କରି ଦେଶସାରା ବାଣ୍ଟିବାକୁ ପଡ଼ିବ । 1973-74 ମସିହା ନିମିତ୍ତ କୋଇଲା ଉତ୍ପାଦନ କେବଳ 9.3 କୋଟି ଟନ ହେବାର ଲକ୍ଷ୍ୟ ଧାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଛି । ତେଣୁ ଏହି 24 କୋଟି ଟନ କୋଇଲା ଉତ୍ପାଦନ ଏକରକମ ଅସମ୍ଭବ ମନେ ହୁଏ ।

ବିକାଶମୁଖୀ ଦେଶମାନଙ୍କରେ ଏହି ନୂତନ ଶକ୍ତି ଉତ୍ସର (ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁର) ପ୍ରଭାବ ପରିଲକ୍ଷିତ ହେଉଛି । କେଉଁ ଦେଶ କି ପ୍ରମୋଗରେ ଏହାଦ୍ୱାରା ଉପକୃତ ହେବ ତାହା କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିଷୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କେଉଁ ଆକୃତି ଓ କେଉଁ କିସମର ନିଉକ୍ଲିୟାର ଗିଆଲ୍‌ର, ପାଠ୍ୟପୁର ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ହେବ, ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ପ୍ରଚଳିତ ପାଠ୍ୟପୁର ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମତା, ବିଦ୍ୟୁତ ଗ୍ରିଡ଼ର ଆକାର, ଗ୍ରିଡ଼ ଗ୍ରିଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ଏବଂ ଉନ୍ନତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଗିଆଲ୍‌ର ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣ ଯୋଗାଇବା ନିମିତ୍ତ ଶିଳ୍ପ ସଂସ୍ଥା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଭାରତରେ 4ଟି ପ୍ରଧାନ ପ୍ରଧାନ ଆଞ୍ଚଳିକ ଗ୍ରିଡ଼ ଅଛି ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକଟିର ପ୍ରତିଷ୍ଠାପିତ କ୍ଷମତା 3000 ମେଗାଓ.ଟି (ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି) । ଅତି ବେଶୀ ହେଲେ ପ୍ରତିଷ୍ଠାପିତ କ୍ଷମତାର ୫ ଭାଗ ଏହି ଗ୍ରିଡ଼ଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଯେଉଁ ହାରରେ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି ପ୍ରତି ଗ୍ରିଡ଼ରେ ବାର୍ଷିକ ଅତିରିକ୍ତ 400-500 ମେଗାଓ.ଟି (ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି) ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ।

ସମଗ୍ର ପ୍ରତିଷ୍ଠାପିତ କ୍ଷମତାର ଶତକଡ଼ା 30-50 ଭାଗ, ଜଳବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇ ଥାଏ ଏବଂ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ଯୋଗାଣ ଅବ୍ୟାହତ ରହୁବ । ଭାରତରେ ମୌସୁମୀ ବାୟୁ ପ୍ରବାହର ବ୍ୟତିକ୍ରମ ହେତୁ ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କେରଳ ମୁଖ୍ୟତଃ ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । 1961-66 ମସିହା ମଧ୍ୟରେ ଅନୁସୂଚିତ ବୃଦ୍ଧି ପାତ ହେତୁ ଏହି ରାଜ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ଦ୍ରାସ ପାଇବାରୁ ବାର୍ଷିକ ହାରହାର କ୍ଷତି 7.5 କୋଟି ଟଙ୍କା ହୋଇଥିଲା । ନିର୍ଭର ଯୋଗ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁର ଯୋଗାଣ ଦ୍ୱାରା ଏହି କ୍ଷତିକୁ ଏଡ଼ାଇ ହୋଇପାରିଥାନ୍ତା ।

ଯଦି ବଡ଼ ଧରଣର ପାଠ୍ୟପୁର ଗିଆଲ୍‌ର ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ, ତେବେ ପୃଷ୍ଠି ଲଗାଣ କମ୍ ହେବ । କିନ୍ତୁ ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ପାଠ୍ୟପୁରକୁ ଉପଯୋଗ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଶିଳ୍ପ ସଂସ୍ଥା

ଆବଶ୍ୟକ । କୋଇଲି ଚାଳିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ଭୁଲନାରେ ଏହି ଶିଆଳୁର ସ୍ଥାପନ ଅତି ପ୍ରବ୍ୟାଜନୀୟ । କୋଇଲି ଖଣିଠାରୁ ଦୂରବର୍ତ୍ତୀ ଅଞ୍ଚଳରେ ଯଥା ଉତ୍ତର ପଶ୍ଚିମ, ପଶ୍ଚିମ ଓ ଦକ୍ଷିଣାଞ୍ଚଳରେ ଯଦି 200 ମେଗାୱାଟ୍ (ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି) CANDU-ଟେଣ୍ଡିଂ ଶିଆଳୁର ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ତେବେ ବ୍ୟୟ କମ୍ ହେବ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ କରାହେଉଛି ସେ ସବୁ ଅଞ୍ଚଳକୁ କୋଇଲି 800-2000 କଲୋ ମିଟର ଦୂରରୁ ପ୍ରେରିତ ହେଉଛି । ଭାରତରେ ମୁଖ୍ୟତଃ ବଙ୍ଗ ପ୍ରଦେଶ, ଓଡ଼ିଶା, ବିହାର ଓ ମଧ୍ୟପ୍ରଦେଶର କେତେକ ଅଞ୍ଚଳରେ କୋଇଲି ମହଜୁଦ ଅଛି । ବହୁ ଦୂରରୁ କୋଇଲି ପ୍ରେରଣ, ନିମ୍ନ କ୍ୟାଲୋରୀୟତା କୋଇଲି ହେତୁ ଉତ୍ପାଦନ ଖର୍ଚ୍ଚରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟୁଛି । ବମ୍ବେ, ଦିଲ୍ଲୀ, ମାଦ୍ରାସ ଅଞ୍ଚଳକୁ କୋଇଲି ଯୋଗାଇବା ନିମିତ୍ତ ପରିବହନ ଅପ୍ରବ୍ୟାୟ ଦେଖାଦେଉଛି । ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ କରିବାକୁ ହେଲେ ଉପକୂଳବର୍ତ୍ତୀ ଅଞ୍ଚଳରୁ ଜାହାଜଯୋଗେ ଏବଂ ତାପରେ ରେଳଦ୍ୱାରା କୋଇଲି ପରିବହନ ହୋଇପାରେ । ନଚେତ୍ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନ କୋଇଲିଖଣିଠାରୁ ଯେତେ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ସେଠାରେ କୋଇଲି ଦର ସେତେ ଅଧିକ ହେବ ।

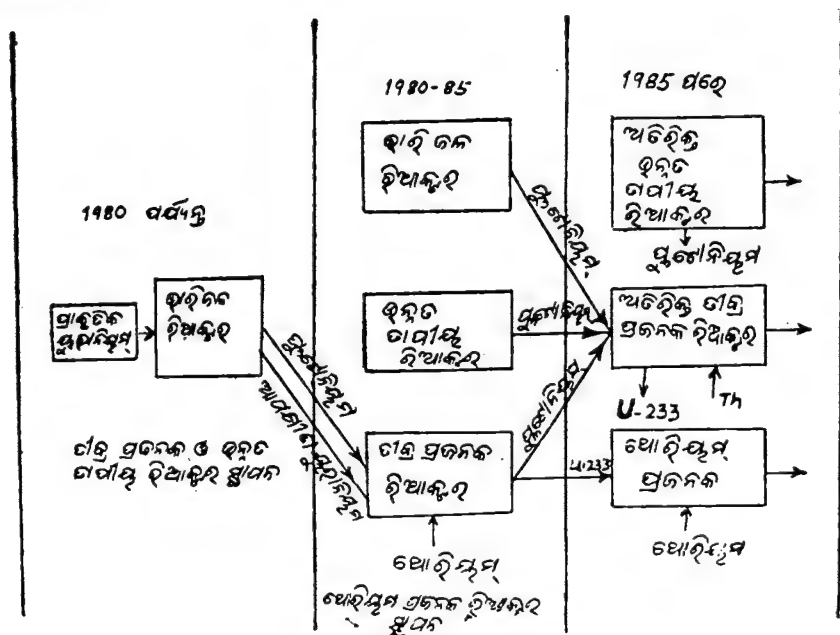
ଭାରତରେ ନୂତନ ଡିଜେଲ୍ ଆବିଷ୍କୃତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଶକ୍ତିରୁହା ପୂର୍ବପୁରୀ ମେଣ୍ଟି ପାରିବ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଡିଜେଲ୍ ବିଦେଶରୁ ଆମଦାନୀ କରିବାକୁ ହେବ । ଯଦି ଡିଜେଲ୍ ଉତ୍ପାଦନ କୌଣସି ପାୱାର ଯୋଗନା କାର୍ଯ୍ୟନାଶ ହୁଏ, ତେବେ ବେଶୀ ପରିମାଣରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆମଦାନୀ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରାଯିବାକୁ ପଡ଼ିବ । ପଶ୍ଚିମ ଭାରତରେ ଭଣ୍ଡାରର ଜଳକୁ ବିନିଯୋଗ କରି ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ଚାଳିତ ହେଉଛି । ଚରମଭାର (Peak Load) ନିମିତ୍ତ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ଏବଂ ମୂଳଭାର (Base Load) ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ଅତି ଉପଯୁକ୍ତ । ଯଦି ଉଭୟ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ଏବଂ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ରକୁ ସଂଯୋଗକରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ, ତେବେ ଉଭୟ କେନ୍ଦ୍ରର ପରିଚାଳନା ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଖୁବ୍ ଶସ୍ତାରେ ମିଳିପାରିବ । ଯଦି ମୋସୁମୀବାୟୁ ପ୍ରବାହରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ଦେଖାଦିଏ, ତଥାପି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଯୋଗାଣ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ନେବ ନାହିଁ । ଭାରତର ଦକ୍ଷିଣାଞ୍ଚଳରେ ମୁଖ୍ୟତଃ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରନ୍ତି । ଶୀତ ଋତୁରେ ଜଳଭଣ୍ଡାରର ଜଳପତନ ହ୍ରାସପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ଏବଂ ତଦନୁଯାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଣ ମଧ୍ୟ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ରାଜସ୍ଥାନ, ଦିଲ୍ଲୀ ଏବଂ ପଞ୍ଜାବ ଅଞ୍ଚଳରେ ମଧ୍ୟ ଏକାଦୃଶ ପରିସ୍ଥିତି ଦୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।

ଉପରେ ଉଲ୍ଲେଖ କରାଯାଇଥିବା ପ୍ରମୁଖ ସମସ୍ୟା ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଉପରୋକ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପାଠ୍ୟ ପ୍ରୋଗ୍ରାମକୁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କରିବା ପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉପାଦାନ ସମ୍ପାଦନା ପ୍ରଣାଳୀ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି । ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପାଠ୍ୟ ପ୍ରଣାଳୀର ମୁଖ୍ୟ ଲକ୍ଷ୍ୟ ଅଟେ ଉପରୋକ୍ତ ଉପାଦାନ, କିନ୍ତୁ ଏହାର ପରିଚାଳନା ବ୍ୟୟ ଅନ୍ୟ ପ୍ରକଳ୍ପ ପ୍ରଣାଳୀ ଲକ୍ଷ୍ୟରେ କମ ।

1948 ଅଗଷ୍ଟ ମାସରେ ଭାରତର ଆଶ୍ୱିନ ଶକ୍ତି କମିଶନ ଗଠିତ ହେଲା ଏବଂ ଏହାର ପ୍ରଥମ ଚେୟାରମ୍ୟାନ ଥିଲେ ସ୍ୱର୍ଗତ ଡକ୍ଟର ହୋମି. ଜେ. ଭାବା । ଡକ୍ଟର ଭାବା ଭାରତର ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପାଠ୍ୟ କମିଶନ ଏକ ଯୋଜନା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବାକୁ ଏବଂ ତାହାର ପରିଚାଳନା ବର୍ତ୍ତମାନ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଛି ।

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପାଠ୍ୟ ଉନ୍ନୟନ ନିମନ୍ତେ ପରିଚାଳନା (Strategy for Development of Nuclear Power)

ଭାରତର ଆଶ୍ୱିନ ଶକ୍ତି ଉନ୍ନୟନ 3ଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ହେବ ବୋଲି ଲକ୍ଷ୍ୟ ଧାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଛି ।



## ପ୍ରଥମ ପର୍ଯ୍ୟାୟ—

ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁଗ୍ମନୟନ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ଓ ଭାଗ୍ୟଳଳ ମନ୍ଦଳ ରୂପେ ଉପଯୋଗ କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶିଆଳୁର ଛାପିତ ହେବ । ଏଥିରୁ ବିଭଜନୀୟ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ବସ୍ତୁ ମିଳିପାରିବ । ଏହି ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଆସନ୍ତା 10 ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ ଛାପିତ ହେବାକୁ ଯାଉଥିବା ଡାକ୍ତରୀ ଶିଆଳୁରକୁ ଇନ୍ଦନ ଯୋଗାଇବ । ଉନ୍ନତ ତାପୀୟ ଶିଆଳୁର ଓ ଡାକ୍ତରୀ ଶିଆଳୁରଗୁଡ଼ିକର ମୂଳରୂପ (Prototype) ପଦ୍ଧତି ପାଇଁ ନିର୍ମିତ ହେବ ଏବଂ ଏହି ନୂତନ ବୈଷୟିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରାୟୋଗିକ ଅଭିଜ୍ଞତା ହାସଲ କରାହେବ । CANDU-typeର ଶିଆଳୁର ବ୍ୟବହାର କରି 2700 Mw (e) ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

## ଦ୍ୱିତୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ—

ପ୍ଲୁଟୋନିୟମକୁ ଡାକ୍ତରୀ ଶିଆଳୁରରେ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ଉପଯୋଗ କରି ଅଧିକ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଉତ୍ପାଦନ କରାହେବ । ଥୋରିୟମ ଉପଯୋଗ କରି ତାପୀୟ ଓ ଡାକ୍ତରୀ ଶିଆଳୁରରୁ ବିଭଜନୀୟ  $u-233$  ଉତ୍ପାଦିତ ହେବ । 1990 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା 11,400 Mw (e) ମିଳିପାରିବ ।

## ତୃତୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ—

ଉପେକ୍ଷା ପରିମାଣର  $u-233$  ଉତ୍ପାଦିତ ହେଲାପରେ ଏହା ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ଥୋରିୟମ୍ ପ୍ରଜନକ ପାୱାର ଶିଆଳୁରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବ । ଥୋରିୟମ ମଧ୍ୟ ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବ । ଥୋରିୟମ୍ ପ୍ରଜନକର ଅଧିକ  $u-233$  ରେ ପରିଣତ ହେବ । ଏହି ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ 4 ପ୍ରକାର ଶିଆଳୁର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ । ଯଥା ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁଗ୍ମନୟନ ତାପୀୟ ଶିଆଳୁର, ଉନ୍ନତ ତାପୀୟ ଶିଆଳୁର, ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରୁଥିବା ପ୍ରଜନକ ଶିଆଳୁର ଏବଂ ଥୋରିୟମ ଚନ୍ଦ୍ର ଉପଯୋଗ କରି ପ୍ରଜନକ ଶିଆଳୁର ।

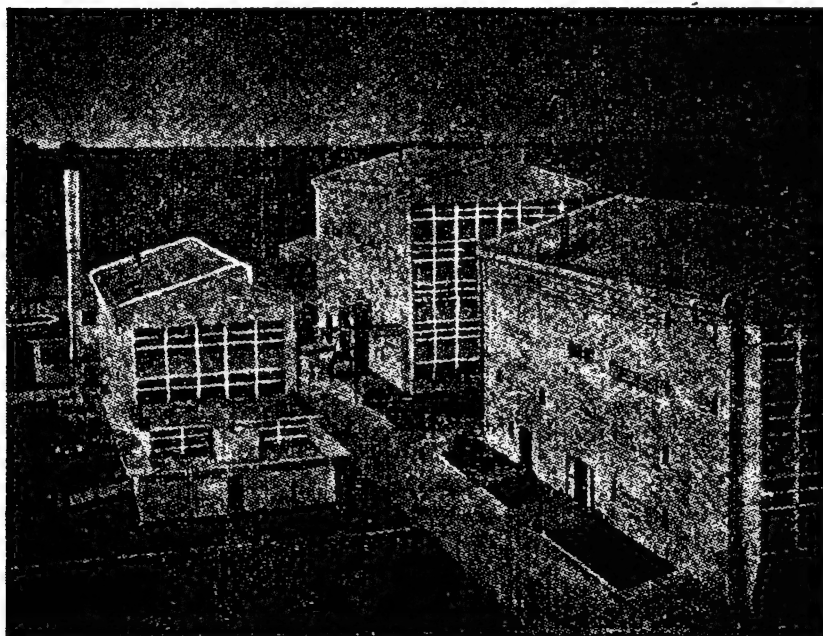
ଏହି ଯୋଜନା ଅନୁଯାୟୀ 2000 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା 43,000 Mw (e) ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

ଆଗବନ ଶକ୍ତି ପ୍ରୋଗ୍ରାମରେ ଆତ୍ମନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବାପାଇଁ କି କି ପଦକ୍ଷେପ ନିଆଯାଇଛି ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ ।



ଆଟମିକ ମିନରାଲ ଉଦ୍ଭଜନ (ଦଲ୍ଲୀ) ଅବେକ ଶକ୍ତି ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବେଷଣ (Prospecting) ଓ ସର୍ବେକ୍ଷଣ (Surveying) କରାଯାଏ । ସୁରାନୟନ, ଥୋରିୟମ, ବେରିଲୟମ, କଲମ୍ବୁମ୍-ଟାନଟାଲମ ଏହି ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ଏହି ବିଭିନ୍ନ ଦ୍ରାବ ବହାରରେ ମୋନାଜାଇଟ୍ ବାଲିଥିବା ଜଣାପଡ଼ିଛି । ବହାରର ମହାନୁଦ ଥିବା ମୋନାଜାଇଟ୍, କେରଳ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁଦ୍ଧା ଜଣାଥିବା ମୋନାଜାଇଟ୍‌ରୁ 500,000 ଟନ ଥୋରିୟମ ମିଳିପାରିବ ।

ଭାରତର ଦକ୍ଷିଣ ପଶ୍ଚିମ ବେଳାଭୂମିରେ ଏହି ମୋନାଜାଇଟ୍ “କଳାବାଲି” ମିଳିଥାଏ । ଯାହାକି ପଛର ଦ୍ରାବ ଏହି ବାଲିରୁ କଲମେନାଇଟ୍ (Ilmenite) ଓ ମୋନାଜାଇଟ୍ ପୃଥକ କରାଯାଏ । କଲମେନାଇଟ୍‌ର ଉପସ୍ଥିତିରେ ବାଲି କଳା ଦେଖାଯାଏ । କଲମେନାଇଟ୍‌ରେ ଶତକଡ଼ା 50-60 ଭାଗ ଟିଟାନୟମ ଡାଇଅକ୍ସାଇଡ୍ ଥାଏ । ବିଶୁଦ୍ଧ



[ ଚିତ୍ର ୭୩—ଭାରତୀୟ ରେଆର ଆରଥ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (ଆଲମୋଡ଼ା) ]

ଅବସ୍ଥାରେ ରଙ୍ଗ, ପ୍ଲାଷ୍ଟିକରେ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ମୋନାଜାଇଟ୍

ରେଆର ଆରଥ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (ଆଲର୍ଡ୍ରେକ୍ସ) ପଠାଯାଇ ସେଠାରେ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା କରାଯାଏ । ମୋନାକାଲଟ୍ରେ ଶତକଡ଼ା 60 ଭାଗ ରେଆର ଆରଥ ଥାଏ । ଏହି ରେଆର ଆରଥ ନିଷ୍କାସନ ପରେ ଟ୍ରାଇସୋଡ଼ିୟମ ଫସଫେଟ୍ ଉପ-ପଦାର୍ଥ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ କେନ୍ଦ୍ର ଥୋରିୟମ ହାଇଡ୍ରୋକ୍ସାଇଡ୍ ଓ ୟୁରାନିୟମ୍ । ଟ୍ରାଇସୋଡ଼ିୟମ୍ ଫସଫେଟ୍ ବିଶୋଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

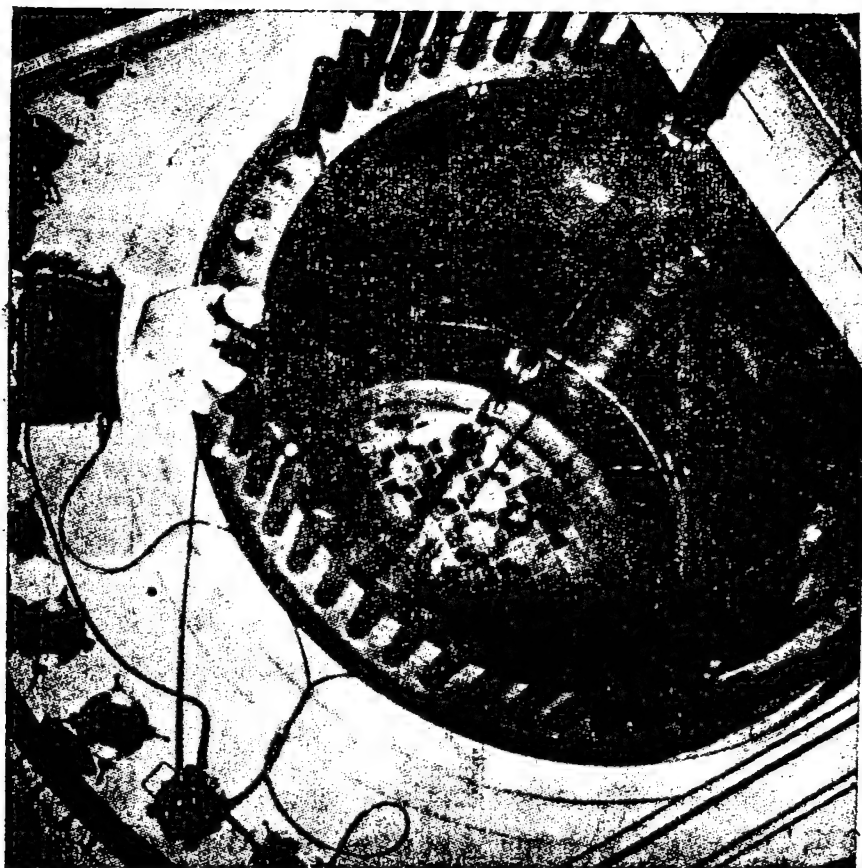
ଆଲର୍ଡ୍ରେକ୍ସରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ଥୋରିୟମ୍ ହାଇଡ୍ରୋକ୍ସାଇଡ୍ ଟ୍ରମେସ୍ଟିଟ ବିଭାଗୀୟ ଥୋରିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟକୁ ପଠାଯାଏ । ଏଠାରେ ଥୋରିୟମ୍ ହାଇଡ୍ରୋକ୍ସାଇଡ୍ ବିଶୁଦ୍ଧ ଥୋରିୟମ୍ ନାଇଟ୍ରେଟ୍ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଉପକାତ ଦ୍ରବ୍ୟ ୟୁରାନିୟମ୍ ଫ୍ଲୁରାଇଡ୍ ଅଟେ । ଏହି ଥୋରିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ପୃଥିବୀର ଏକ ବୃହତ୍ତମ ପ୍ଲାଣ୍ଟ । ଭାରତୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓ ଇଂନିୟରମାନଙ୍କ ଦ୍ଵାରା ଏହାର ଡିଜାଇନ ଓ ନିର୍ମାଣ ହୋଇଛି । ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ଗ୍ୟାସ୍ ମାଷ୍ଟାଲ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇ ପୂର୍ବ ୟୁରୋପ ଓ ଆମେରିକାକୁ ପଠାଯାଏ । ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ଥୋରିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ମଧ୍ୟ ମିଳିଥାଏ ଯହା U-233 ଉତ୍ପାଦନରେ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଏହି ଥୋରିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ମିଳୁଥିବା ୟୁରାନିୟମ୍ ଫ୍ଲୁରାଇଡ୍, ନିଉକ୍ଲିୟାର ଗ୍ରେଡ୍ ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ZERLINA ଓ CIR ନିର୍ମିତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁ ଯୋଗାଇଥାଏ ।

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ

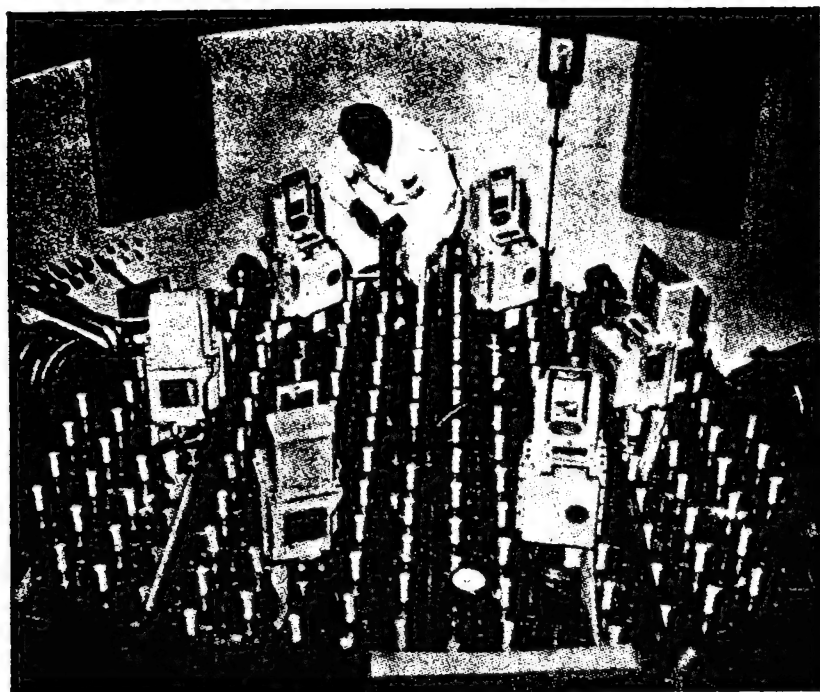
ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁଦ୍ଧା 4ଟି ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଶ୍ଟାପିତ ହୋଇଛି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କଠାରୁ ବିଭିନ୍ନ ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

### (1) ତାରାପୁର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର (Tarapur Atomic Power Station )

ଏହା ଏସିଆର ନୃହତ୍ତମ ଓ ଭାରତର ସର୍ବପ୍ରଥମ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର । ତାରାପୁର ବମ୍ବେ ସହରର 100 କିଲୋମିଟର ଉତ୍ତରକୁ ଅବସ୍ଥିତ । ଆମେରିକାର କେନେଡିଲ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକ୍ କମ୍ପାନୀ ଦ୍ଵାରା ନିର୍ମିତ । ଏଥିରେ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ଏବଂ ହାଲୁକା ଜଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହା 380Mw (e) ଉତ୍ପାଦନ କରି ମହାଷ୍ଟ୍ର ଓ ଗୁଜରାଟ ପ୍ରଦେଶକୁ ଯୋଗାଉଛି । ଏଥିରେ ଦୁଇଟି ୟୁନିଟ୍ ଅଛି ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ୟୁନିଟ୍ 200Mw (e) ଉତ୍ପାଦନ କରୁଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 64—ତାରାପୁର କେନ୍ଦ୍ର, ଶିଆଳ୍ଟରରେ ଇନ୍ଦନ ବୋର୍ଡ଼ର ଦୃଶ୍ୟ)



(ଚିତ୍ର ନଂ 65—ଇନ୍ଦନ ପରୀକ୍ଷା)

## (2) ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ—

(Rajasthan Atomic Power Project)

ରାଜସ୍ଥାନର ସାଗରପାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଭାରତର ଦ୍ୱିତୀୟ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର । ଏଥିରେ ଦୁଇଟି ଯୁନିଟ୍ ଅଛି । ପ୍ରଥମ ଯୁନିଟ୍‌ରୁ 200Mw ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ଯୁନିଟ୍‌ରୁ 200Mw ଶକ୍ତି ମିଳିପାରେ । କାନାଡ଼ା ସହାୟତାରେ ନିର୍ମିତ । ଉଭୟ ରିଆକ୍ଟର CANDU-ଗ୍ରେଣ୍ଡିୟୁ । ରାସାୟନ, ଶୀତଳକ ଓ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ଏବଂ ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁଗ୍ମକୟମ୍ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଛି । ଦ୍ୱିତୀୟ ଯୁନିଟ୍‌ରୁ 1975 ମସିହାରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ମିଳି ପାରିବ । ପ୍ରଥମ ଯୁନିଟ୍ 1972 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 11 ତାରିଖରେ ଫ୍ରାନ୍ସରୁ ଡ୍ରାସଲ କରାଯାଇ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଏହାର ଉପକାଳ ଦ୍ରବ୍ୟ । ଯୁନିଟ୍ 1 ରେ ବ୍ୟବହୃତ ଉପକରଣମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଶତକଡ଼ା 60ଭାଗ ଓ ଯୁନିଟ୍ 2 ରେ ବ୍ୟବହୃତ ଉପକରଣମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଶତକଡ଼ା 40 ଭାଗ ବିଦେଶରୁ ଆମଦାନୀ ହୋଇଛି ।

### (3) ମାଡ୍ରାସ ଆଟମିକ ପାଣ୍ଡୁର ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ— (Madras Atomic Power Project)

ମାଡ୍ରାସ ସହରର 80 କିଲୋମିଟର ଦକ୍ଷିଣକୁ କାଲପାକମ୍ ଅବସ୍ଥିତ । ଭାରତର ଏହା ତୃତୀୟ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର । ଏଥିରେ ଦୁଇଟି ସ୍ଥଳିୟ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ CANDU-ଗ୍ରେଣୀୟ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକରୁ 200Mw (e) ମିଳିପାରିବ । ଏହାର ବିଶେଷତ୍ୱ ଏହି ଯେ ଏଥିରେ ଶକ୍ତିକଡ଼ା 80 ଭାଗ ସ୍ୱଦେଶୀ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ଅଛି । ପ୍ରଥମ ସ୍ଥଳିୟ 1976 ମସିହା ଜୁଲାଇରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକତା ହାସଲ କରିବାର ସମ୍ଭାବନା ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ଥଳିୟ ନିର୍ମାଣ କାର୍ଯ୍ୟ ଆଗେଇ ଚାଲିଛି । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଏହାର ଉପକାଳ ଦ୍ରବ୍ୟ ।

ଏହି କାଲପାକମଠାରେ ଶିଆକ୍ଟର ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର (RRC) ଓ ଡାକ୍ତ୍ର ପ୍ରଜନକ ପଦ୍ଧତି ଶିଆକ୍ଟର (FBTR) ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । FBTR ଇନ୍ଦନ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଓ ସ୍ଥୁରନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ର ଏକ ମିଶ୍ରଣ ହେବ । ଏଥିରୁ 50Mw ତାପୀୟ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହେବ । ଦୁଇଟି ବନ୍ଦ ପରିପଥ ଦେଇ ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ ଶିଆକ୍ଟରରୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରି 480°C ଓ 124 ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳୀୟ ଗୁପ୍ତରେ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ କରିବ । ଏହି ବାଷ୍ପଦ୍ୱାରା ଟରବୋ-ଜେନେରେଟର ଚାଲି ଏଥିରୁ 15Mw (e) ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

ଶିଆକ୍ଟର ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ରରେ ଅତି କେତେକ ପୁରାଣା ପ୍ରଯୋଗ ରହିବ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ Pulsed Fast Reactor ରହିବ । ଏହି PFRରୁ ଆବର୍ଜିତ ସମସ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଡାକ୍ତ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ କରଣ ମିଳିପାରିବ । ସ୍ପେନଲୋସ୍ଫ୍ରିଲ୍ ଆବରଣ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଇନ୍ଦନ ପିନ୍ ନେଇ ଏହାର ଘୋଡ଼ା ନିର୍ମିତ । ବାୟୁ ଶୀତଳନ ଦ୍ୱାରା ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହେବ । ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିଫଳକ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ 3000 ଥର ଶିଆକ୍ଟର ସମ୍ମୁଖରେ ଘୂରି ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 50ଟି ପଲ୍ସ ସୃଷ୍ଟି କରିବ । 1973 ସୁଦ୍ଧା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ।

(4) ଭୁବନେଶ୍ୱର ପ୍ରଦେଶର ବୁଲନ୍ଦସର୍ ଜିଲ୍ଲାର ନାଭୋରାଠାରେ ଭାରତର ଚତୁର୍ଥ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପିତ ହେବାର ନିଷ୍ପତ୍ତି ହୋଇଛି । ଏଥିରେ ଦୁଇଟି ସ୍ଥଳିୟ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକରୁ 235Mw(e) ମିଳିପାରିବ । ଭବିଷ୍ୟତରେ ଏହାକୁ ସଂପ୍ରସାରିତ କରି ଏଥିରୁ ଅତିରିକ୍ତ 500Mw (e) ମିଳିପାରିବ । ନିର୍ମାଣ କାର୍ଯ୍ୟ 1974 ମସିହା ଶେଷ ଭାଗକୁ ବା 1975 ମସିହା ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଆରମ୍ଭ ହେବ । ପ୍ରଥମ ନିୟୁଟ୍ରନ୍ 1980

ମସିହାରେ ଏବଂ ଦ୍ଵିତୀୟ ଯୁଦ୍ଧରୁ 1981 ମସିହାରେ ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ ହେବାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ।

ଭାରତରେ ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ 4ଟି ଶିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ସେଗୁଡ଼ିକୁ ହେଲେ APSARA, CIRUS, ZERLINA ଓ PURNIMA ।

**ଅପସରା (APSARA)—**(ସ୍ଫିମିଙ୍ଗ୍ ପୁଲ ଶିଆକ୍ଟର) ଏହା ଭାରତର ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସବୁଠାରୁ ପ୍ରଥମ ଶିଆକ୍ଟର ଅଟେ । ଭାରତୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନଙ୍କ ଦ୍ଵାରା ଏହି ଶିଆକ୍ଟର ନିର୍ମିତ ।

କମ୍ବୋଦୀ ପ୍ରସିଦ୍ଧ Sea Meymaid (ଅପସରା)ର ଅଧେ ସମୁଦ୍ରରେ ଓ ଅଧେ ସମୁଦ୍ର ବାହାରେ ଥାଏ । ଏହି ଶିଆକ୍ଟରର ମଧ୍ୟ ଅଧେ ଜଳମଧ୍ୟରେ ଓ ଅଧେ ଉପରେ ରହିଥିବାରୁ ଏହାକୁ ଅପସରା ନାମରେ ନାମିତ କରାଯାଇଛି ।

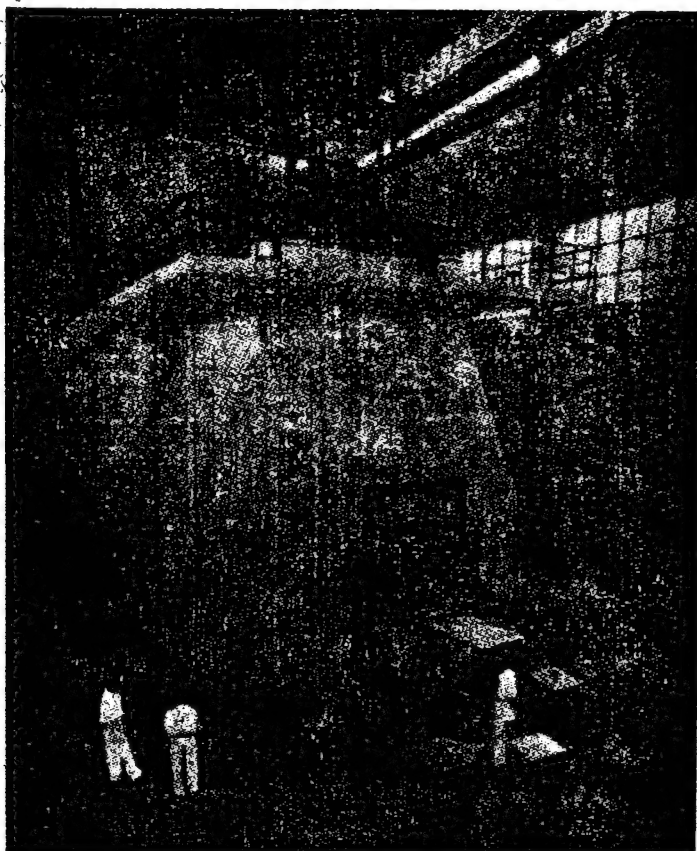
**ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଡିଜାଇନ (Basic Designs):—**ଏହି ଶିଆକ୍ଟରର ଗୋଟିଏ ବିଶେଷତା ହେଲା ଏହାର ଛୋଡ଼ା ଉନୋଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ରଖାଯାଇ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇପାରେ । ଜଳକୁଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଛୋଡ଼ା ନିର୍ମିତ । ଏହି ଶିଆକ୍ଟରରେ ଜଳ ଶୀତଳକ, ମନ୍ଦନ, ପରିରକ୍ଷକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକର କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ । ଏହି 3ଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିକରେ ଛୋଡ଼ାକୁ ଖି କଂଡ଼େଟ ପରିରକ୍ଷକକୁ ଖୋଲି ଦିଆଯାଏ । ଏହାଦ୍ଵାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ବିକିରଣ ଅବଶ୍ୟକ କରୁଥିବା ପରୀକ୍ଷାଗୁଡ଼ିକ କରାଯାଏ । ପରିରକ୍ଷକ ଓ କୈବିକ ତନ୍ତ୍ରରେ ବିକିରଣ ଜନିତ ପ୍ରଭାବ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଏ ।

ଶିଆକ୍ଟରରେ ସମୃଦ୍ଧ ଯୁରାନିୟମ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏହି ସମୃଦ୍ଧ ଯୁରାନିୟମ୍ United Kingdom Atomic Energy Authorityରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାର ସଂକୋଚ ଶକ୍ତିହୀନ 1,000 କଲେଓ୍ଵାଟ୍ (ତାପୀୟ), କିନ୍ତୁ ଏହା ସାଧାରଣତଃ 400 କଲେଓ୍ଵାଟ୍ରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ ।

### ଶିଆକ୍ଟର ହଲ (Reactor Hall)

ଶିଆକ୍ଟର ହଲ  $30.5 \times 15.2 \times 18.3$  ମିଟର ଅଟେ । ଏହି ହଲର ଉପରେ ଛତା ନିକଟରେ ଏକ ଚଳନଶୀଳ ଫେନ୍ ଅଛି । ଏହି ଫେନ୍ 5ଟନ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଭାର ବହନ କରି ହଲର ଏକ ପାନ୍ତରୁ ଅନ୍ୟପାନ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାଇପାରେ । ପ୍ରୟୋଗିକ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ (Experimental Room) ଏବଂ ଶିଆକ୍ଟରର ବିଭିନ୍ନ ସାହାଯ୍ୟକାରୀ ଅଂଗ ତଳ

ମହଲରେ ଅବସ୍ଥିତ । ପ୍ରୟୋଗିକ ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଠିକ୍ ଉପରେ ପ୍ରଥମ ମହଲରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ (Control Room) ଅବସ୍ଥିତ ।

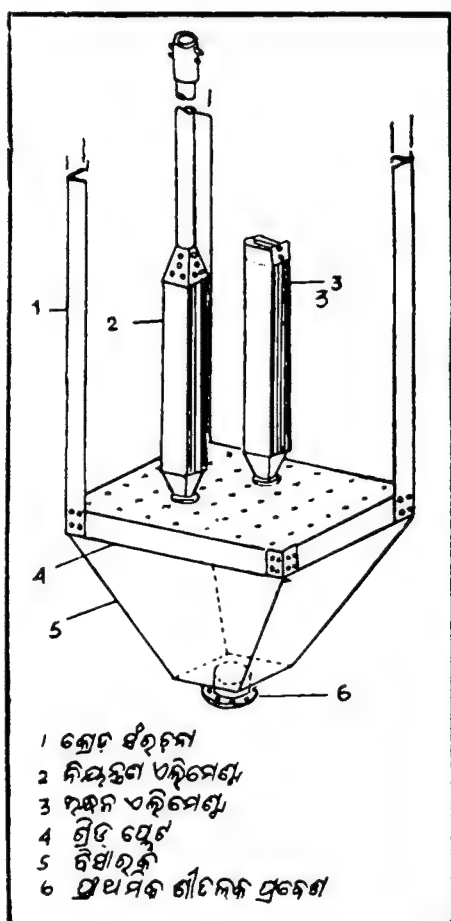


(ଚିତ୍ର ନଂ 66—ରିଆକ୍ଟର ପୁଲ—ଅପସରା)  
(ବିଭିନ୍ନ ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ଥିବା ସୁବିଧା ଦର୍ଶାଯାଇଛି)

**ରିଆକ୍ଟର କୁଣ୍ଡ (Reactor Pool)**—ରିଆକ୍ଟର କୁଣ୍ଡ  $8.5 \times 3.0 \times 8.2$  ମିଟର ଗଭୀର ଅଟେ । ଟାଙ୍କିର କାନ୍ଥ ଓ ମଜବୁତ କଂକ୍ରିଟ୍ରେ ଗଠିତ । 3ମିଟର ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କଂକ୍ରିଟ୍ କାନ୍ଥର ମୋଟେଇ 2.6 ମିଟର । କାନ୍ଥର ମୋଟେଇ ଉପରକୁ କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । 6.4 ମିଟର ଉଚ୍ଚତାରେ ଏହାର ମୋଟେଇ 0.9 ମିଟର । କୁଣ୍ଡର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ପଲିଇଥାଲିନ୍ ଟ୍ରାଇପଲମର ଏକ ପ୍ରଲେପ (Paint) ଦିଆଯାଇଥାଏ ।

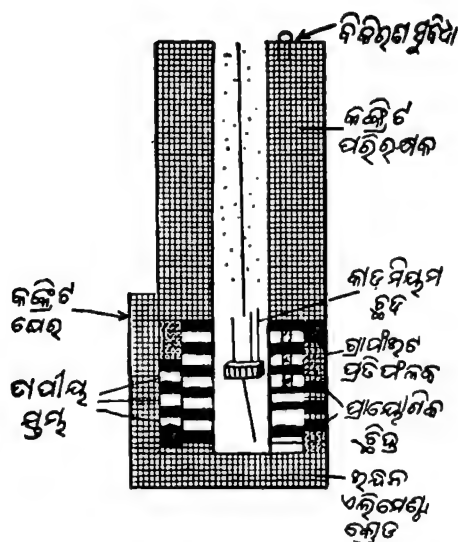
7.5 ମିଟର ଉଚ୍ଚତାରେ ଦୁଇଟି ଜଳମାର୍ଗ ଥାଏ ଏବଂ ଏହି ମାର୍ଗ ଦେଇ ଅଧିକ ଜଳ ନଷ୍ଟାଗିତ ହୋଇଥାଏ ।

**କୋରାଡ଼ି(Core):**—ଏକ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ଗ୍ରିଡ୍ ପ୍ଲେଟ୍  $56 \times 56 \times 15$  ସେ:ମି ନେଇ ଗଠାକୃତ ହୋଇ ଗଠିତ ।  $7 \times 7$  ସେ:ମି ଜାଲକ (Lattice) ମଧ୍ୟରେ 49ଟି ଛିଦ୍ର (Hole) ଅଛି । ଏହି ଛିଦ୍ର ମଧ୍ୟ ଦେଇ କାନ୍ଦନଛଡ଼ି, ପ୍ରତିଫଳକ ଏବଂ ଆଇସୋଟୋପ ରଖିବା ପାସପାଇଥାଏ । ଆଲୁମିନିୟମ୍ ଫ୍ରେମ୍ ଦ୍ଵାରା ଗ୍ରିଡ୍ ପ୍ଲେଟ୍ ଟ୍ରାଙ୍କରୁ ଝୁଲୁଯାଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 67—କୋରାଡ଼ି ସମାବେଶ—ଅସମ୍ଭାବ୍ୟ)





(ଚିତ୍ର ନଂ 68—ସିମିକ୍ସ ପୁଲ ରିଆକ୍ଟର ପାର୍ଶ୍ୱ ଅନୁସ୍ଥାପନା କାଠ—ଅପସରା)

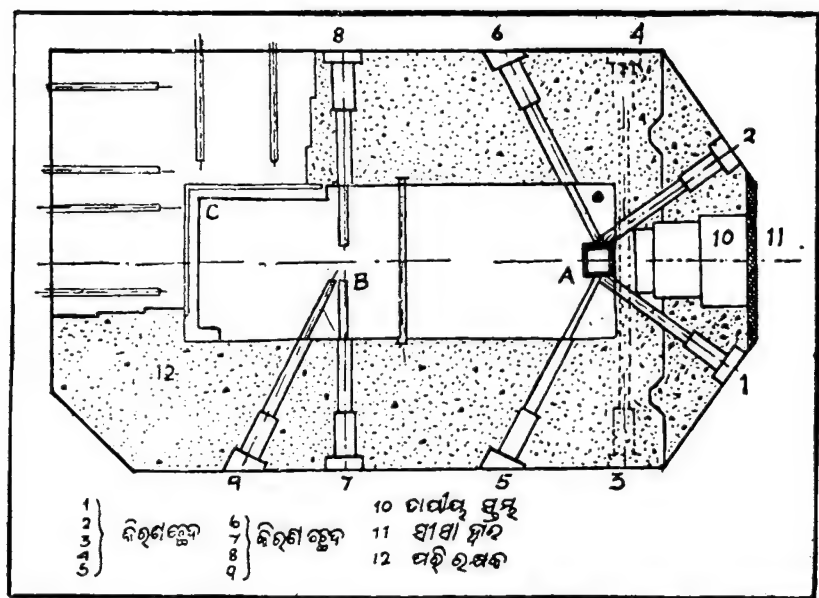
## ଶୀତଳକ ପଦ୍ଧତି (Coolant System) :—

ଏହି ଶୀତଳକ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ ପରିପଥ ଓ ନେତେକ ସହାୟକ ପରିପଥ ନେଇ ଗଠିତ । 100 କିଲୋୱାଟ୍ଟରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତିରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ବେଳେ କୁଣ୍ଡରେ ଥିବା 204,000 ଲିଟର ଜଳରୁ ହେଉ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ପ୍ରତି ମିନିଟ୍ରେ 900 ଲିଟର ଜଳ ସଂଚଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକ ତାପବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଦେଇ ଯାଇଥାଏ । ଏବଂ ଉତ୍ପାଦିତ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଏହି ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ହୋଇଥାଏ । ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ପରେ ଜଳ ପୁନର୍ବାର ରିଆକ୍ଟର ହେଉ ଆସିଥାଏ । ଜଳର କଣ୍ଟ୍ରୋଲ୍ କରଣ ନିମିତ୍ତ ନେତେକ ସହାୟକ ଯନ୍ତ୍ର ଥାଏ ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଜଳର PH 6.5 ରୁ 7.5 ମଧ୍ୟରେ ରହୁଥାଏ ।

## ପ୍ରାୟୋଗିକ ସୁବିଧା (Experimental Facilities)

ହେଉ ଚଳନଶୀଳ ଟକରୁ ଝୁଲିଯାଇଥିବାରୁ ଏହାର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥିତିରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପରୀକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ସୁଯୋଗ ମିଳିଥାଏ ।

‘A’ ଛିଦରେ 6ଟି କରଣ ଛେଦ (Beam Hole) ଅଛି । ଡମ୍ପରୁ ଦୁଇଟି ଗୋଡ଼ ସହୃଦ ସମାନ୍ତରାଳଭାବେ ତାପୀୟ ଗ୍ରନ୍ଥ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଏକ ପଥ ଭଳି ଯାଇଛି । ଏହି ପଥକୁ ରାବିଟ୍ ହୋଲ (Rabbit Hole) କହନ୍ତି । ଏହି ରାବିଟ୍ ହୋଲ କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିରକ୍ଷକର ଏକପ୍ରାନ୍ତରୁ ଅନ୍ୟପ୍ରାନ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟାପ୍ତ । ଏହି ଛିଦରେ ଗୋଡ଼, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ତାପୀୟ ଗ୍ରନ୍ଥର ପୃଷ୍ଠା ଓ ଗୋଡ଼ରୁ ନିର୍ଗତ ଡାକ୍ତରୀନିରୁତ୍ତକ ଏହି ତାପୀୟଗ୍ରନ୍ଥଦ୍ୱାରା ତାପୀୟ ନିରୁତ୍ତନରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।



ଚିତ୍ର ନଂ 69—ଅପସରା ଶୋଇଂଗ୍‌ପୁଲ୍ ର ଭୂମାନ୍ତରାଳ କାଟ

(Horizontal Section of Apsara Swimming Pool Reactor)

‘B’ ଛିଦ ଓ ‘A’ ଛିଦ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 5.5 ମିଟର । ଏଠାରେ 3ଟି କରଣ ପଥ ଅଛି । ଏଠାରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପଦାର୍ଥ ବଜ୍ଜାଳ, ବିକିରଣ କ୍ଷତ ଓ କେବଳ ପଦାର୍ଥର ପରିଚାଳନା କରାଯାଇ ନିମ୍ନ ପ୍ରକାର ଅଛି ।

‘C’ ଛିଦ, ‘A’ ଛିଦର ଠିକ୍ ବିପରୀତରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏଠାରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପରିଚାଳନା ବସ୍ତୁର ଧର୍ମାବଳୀ ପରିଚାଳନା କରାଯାଇଥାଏ । କଂକ୍ରିଟ୍ କାନ୍ଥ ବାହାରେ

ଗୋଟିଏ 2.5. ସେ. ମି. ଆଲୁମିନିୟମ ପାନେଲ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଗ୍ୟାସ୍‌ର ହୋତ ଭିତରପଟେ ଥାଇ ଯେଉଁ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ ପରୀକ୍ଷା କରାବାକୁ ହୁଏ ତାହାକୁ ପାନେଲ ବାହାରପଟେ ରଖାଯାଏ । ବିକିରଣକୁ ପୂରାପୂରି ବନ୍ଦକରିବା ନିମିତ୍ତ 50,000 kg ଓଜନର କଂକ୍ରିଟ୍ ବ୍ଲକ୍ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ।

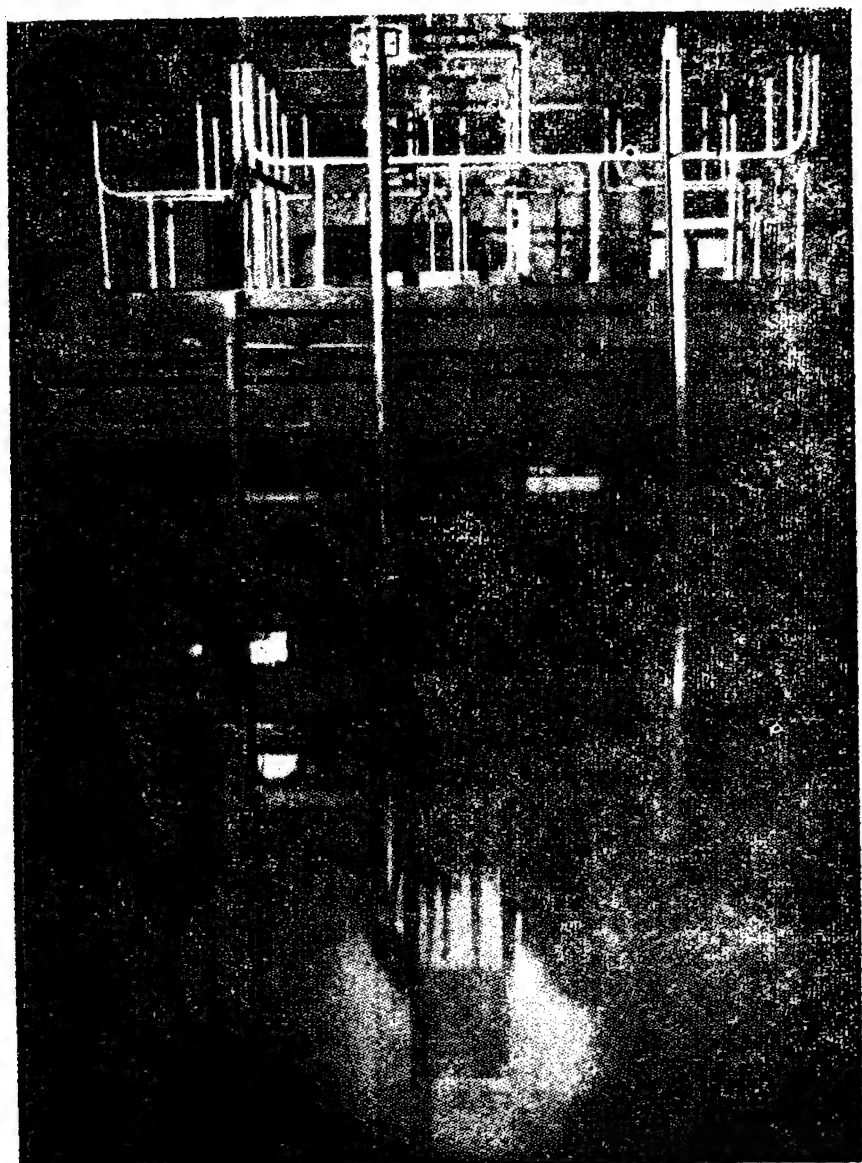
ଦିନୋଟି ସ୍ଥାନରେ ପରୀକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ସୁବିଧା ରଖିବାର ବିଶେଷତ୍ତ୍ୱ ଏହି ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥିତିରେ ପରୀକ୍ଷା ଚାଲୁଥିଲେ ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ସ୍ଥିତିରେ ପରୀକ୍ଷାନିମିତ୍ତ ଉପକରଣ ସଜ୍ଜା ଯାଇପାରେ ବା ପରୀକ୍ଷାପରେ ଉପକରଣ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରାଯାଇପାରେ ।

## ରାସାୟନିକ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ (Chemical Control)

କୁଣ୍ଡରେ ପ୍ରଥମେ ଖଣିଜ ଲବଣଗୁଣ୍ୟ ଜଳ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଗ୍ୟାସ୍‌ର ପରିଚାଳନା ସମୟରେ ଏହି କୁଣ୍ଡର ଜଳରେ ସିଲିକା, କାଲସିୟମ୍, ସୋଡ଼ିୟମ୍, ଲୌହ ପ୍ରଭୃତି ଅପଦ୍ରବ ମିଶିଥାଏ । ଏହି ଅପଦ୍ରବ ସଦାର୍ଥ ଗୁଡ଼ିକର ଉପସ୍ଥିତିରେ କୁଣ୍ଡ ଜଳର PHରେ ବୃଦ୍ଧି ଦୃଷ୍ଟି କ୍ଷାରୀୟତ୍ୱର (Alkaline Range) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାଇଥାଏ । ଏହି କ୍ଷାରୀୟ ଅଂଶ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ରତି କ୍ଷତିକାରକ । ଏହି ଅପଦ୍ରବ ସଦାର୍ଥଦ୍ୱାରା କୁଣ୍ଡ ଜଳର ତେଜସ୍ୱିତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧିପାଇଥାଏ । କୁଣ୍ଡରୁ ପ୍ରତି ମିନିଟ୍‌ରେ 23 ଲିଟର ଜଳ ଖଣିଜ ଲବଣ ଗୁଣ୍ୟ କରୁଥିବା ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରୁଥାଏ ଏବଂ ବିଶୁଦ୍ଧଜଳ କୁଣ୍ଡମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରୁଥାଏ ।

## ହାନିକତା ହାସଲ (Criticality Approach)

1956 ମସିହା ଜୁଲାଇ 30 ତାରିଖରେ ଗ୍ୟାସ୍‌ରରେ ଇନ୍ଦନ ପ୍ରଭୃତି ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଇ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଥିଲା ଏବଂ 1956 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 4 ତାରିଖ ଶନିବାର ଦିନ ଘଡ଼ି ୨:45 ସମୟରେ ଏହା ହାନିକତା ହାସଲ କରୁଥିଲା । 8½ ବର୍ଷ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତମ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ପରେ 1965 ଜାନୁଆରୀରୁ ଜୁନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହାକୁ ମରାମତି କରିବା ନିମିତ୍ତ ବନ୍ଦ କରାଯାଇ ଦ୍ୱିତୀୟ ଥର ପାଇଁ ଇନ୍ଦନ ପୂରଣ କରାଯାଇଥିଲା । 1965 ମସିହା ଜୁନ୍ 12 ତାରିଖ ଅପରାହ୍ନ 4ଟାବେଳେ 2.68 kg u-235 ଇନ୍ଦନ ଦ୍ୱିତୀୟଥର ପାଇଁ ଗ୍ୟାସ୍‌ରରେ ରଖାଯାଇଥିଲା । ଏବଂ 1965 ମସିହା ଜୁନ୍ 13 ତାରିଖ ସକାଳ ୦7 ମି30ରେ ଏହା ହାନିକତା ହାସଲ କରୁଥିଲା ।



(ଛବି ନଂ 70—ଅପସରା କୂଣ୍ଡରେ ସେରେନକୋଭ୍ ଆଲୋକ ଗାୟ)  
(Cerenkov Glow in the Pool of Apsara)

ଯେତେବେଳେ ଏହି ଶିଆଳ୍ଟର ଡାଇନାମିକା ହାସଲ କରେ, ଡୋଡ଼ି ଚନ୍ଦ୍ର-ପାଣ୍ଡୁର ଜଳରୁ ଏକ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟର ସେରନୋଭାନ୍ସାଲେନ୍ସ ଗ୍ଲୋ (Cerenkov Glow) ଦେଖାଦେଇଥାଏ । ଶକ୍ତିଶାଳୀ କଲେକ୍ଟର ଜଳ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କଲେ ଏହି ପ୍ରକାର ଗ୍ଲୋ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଦିନବେଳେ ମଧ୍ୟ ଏହି ଗ୍ଲୋ କୃତ୍ରିମ ଉପରୁ ଦେଖିହୁଏ ।

## ସାଇରସ୍ (CIRUS)

Canada India Reactor ଏହି ଉନିଗୋଟି ଶବ୍ଦର ମୂଳ ଅକ୍ଷର ନେଇ CIR ଶବ୍ଦ ଗଠିତ । CIR ଟ୍ରମ୍ପେରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏହା ଦ୍ଵିତୀୟ ଭାରତୀୟ ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଶିଆଳ୍ଟର ଅଟେ । ଅମ ସୌର ଜଗତର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ନକ୍ଷତ୍ର ସାଇରସ୍ (CIRUS) ନାମରେ ଏହା ସୁନର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇଛି ।

1956 ମସିହା ପ୍ରାୟରେ କଲମ୍ବୋ ଯୋଜନା ଅନୁଯାୟୀ କାନାଡ଼ାର ସହାୟତାର 40 ମେଗାଓର୍ଟ୍ଟ ପ୍ରୟୋଗିକ ଶିଆଳ୍ଟରର କାର୍ଯ୍ୟ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥିଲା । ଭାରତ ଅବଶ୍ୟକତା ସ୍ଥାନ, ସହାୟକ ପଦାର୍ଥ, ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କାଗିର ଓ ସାଧାରଣ ପ୍ରମିତ ଯୋଗାଇଥିଲା ଏବଂ କାର୍ଯ୍ୟ ନିରନ୍ତର ଭାବେ ମଧ୍ୟ ନେଇଥିଲା । ଶିଆଳ୍ଟର ଡିଜାଇନ, ସହାୟକ ଉପକରଣ ଗୁଡ଼ିକର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶ ଯୋଗାଣ, ଶିଆଳ୍ଟର ସ୍ଥାପନ, ପରୀକ୍ଷା ଏବଂ ତାପ ଗନ୍ତର ଉପାଦାନ ନିମିତ୍ତ ଯାହା ଯାହା ଅବଶ୍ୟକ ତାହା କରାଯାଇଥିଲା କାନାଡ଼ାର ଦାୟିତ୍ଵ ।

କାନାଡ଼ାର ଚକ୍‌ରୀଭର (Chalk River)ରେ ଅବସ୍ଥିତ NRX ପ୍ରାୟୋଗିକ ଶିଆଳ୍ଟର ଡାହାରେ ଏହି CIRUS ନିର୍ମିତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଏହା ତାହାଠାରୁ କେତେକାଂଶରେ ଭିନ୍ନ । ଏଥିରେ ଶିଆଳ୍ଟର ବସ୍ତୁ ଗୁଡ଼ିକର ପରୀକ୍ଷା ନିମିତ୍ତ ସୁବିଧା ଅଛି ଏବଂ ଟ୍ରମ୍ପେର ଭୌଗୋଳିକ ପରିସ୍ଥିତି ଓ ଜଳବାୟୁ ଅନୁସାରେ ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇଛି ।

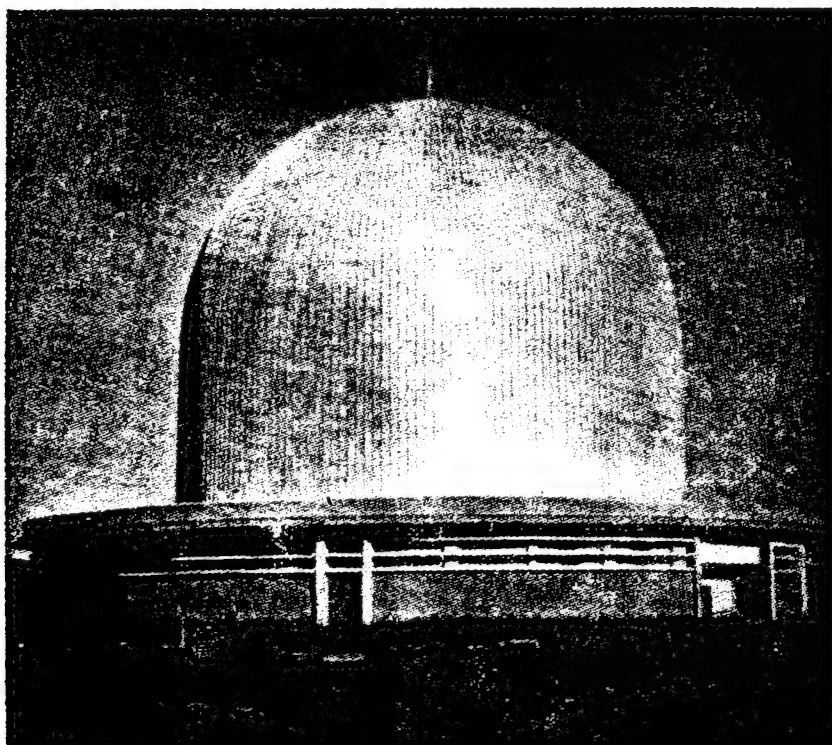
ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁବନିୟମ (ପ୍ରାୟ 10 ଟନ) ଇନ୍ଦିନ ରୂପେ, ଭୂଜଳ (ପ୍ରାୟ 21 ଟନ) ମନ୍ଦିରୂପେ ଏବଂ ତାଜା ସାଧାରଣ ଜଳ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

## ଶିଆଳ୍ଟର ନିର୍ମାଣ (Reactor Building)—

CIRUS ଶିଆଳ୍ଟର ଜନାଙ୍ଗଣ୍ଡି ବମ୍ବେ ନଗରର ଡ୍ରବ୍ ନିକଟରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହି ଶିଆଳ୍ଟରର ଡେଜିନ୍‌ସ୍‌ସ୍‌ଡ଼ା ଯେପରି ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଜନବହନ ଉପରେ କୌଣସି

ପ୍ରଭାବ ନ ପକାଇବ ସେଥି ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଛି । ଏପରିକି ଯଦି କୌଣସି କାରଣରୁ କୌଣସି ଦୁର୍ଘଟଣା ଘଟେ ତେବେ ଚିତାଳନ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରଭାବରୁ ରକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବସ୍ଥା ହୋଇଛି ।

120' ବ୍ୟାସ ଓ 134' ଉଚ୍ଚ ଗୁପନବୃତ୍ତ (Pressure Tight) ଷ୍ଟିଲ ଖୋଲ ରୋଟଣ୍ଡା (Rotunda) ମଧ୍ୟରେ ଏହି ରିଆକ୍ଟର ଅବସ୍ଥିତ । ଷ୍ଟିଲ ଖୋଲ  $\frac{7}{8}$  ଇଞ୍ଚ ଷ୍ଟିଲ ପ୍ଲେଟର ତଳେଇରୁ ନିର୍ମିତ । କିନ୍ତୁ ଗମ୍ବୁଜ (Dome) ନିମିତ୍ତ  $\frac{1}{2}$  ଇଞ୍ଚ ମୋଟ ଷ୍ଟିଲ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହା 5/p.s.i. ଗୁପ ନିମିତ୍ତ ଡିଜାଇନ ହୋଇଛି କିନ୍ତୁ ଯଦି 15/p.s.i.କୁ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ତେବେ କୌଣସି କ୍ଷତି ହେବ ନାହିଁ । ଲିକ୍ଚୁର୍ସ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରତି ତଳେଇକୁ ରେଡ଼ିଓଗ୍ରାଫି ଦ୍ଵାରା ପରୀକ୍ଷା କରି ନିଆଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 71—କାନାଡା-ଇଣ୍ଡିଆ ରିଆକ୍ଟର ରୋଟଣ୍ଡା)  
( C I R—Rotunda )

## ରିଆକ୍ଟର ସଂରଚନା (Reactor Structure)—

ରିଆକ୍ଟର ପାଖକୁ କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା (Calandria) କହନ୍ତି । କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା, ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍, ଇନ୍ନେନ୍, ମହକ ପ୍ରତିଫଳକ, ତାପୀୟ ଓ ନୈବିକ ପରିବହକ ପ୍ରଭୃତି ଏହି ରିଆକ୍ଟର ସଂରଚନା ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ।

ଏହି କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା 8'-9" ବ୍ୟାସ ଓ 11'-0" ଉଚ୍ଚ ବର୍ଣ୍ଣିଷ୍ଟ ଏକ ଆଲୁମିନିୟମ ପାତ୍ର । ଏହା ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭିନ୍ନ ଦ୍ରାବ ତାପ ଶକ୍ତି ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା ମଧ୍ୟରେ ଭାରୀଜଳ ଥାଏ ଯାହା ମହକ ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥାଏ । ଏହି ମହକ ଦ୍ରାବ ଡାକ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ ଗୁଡ଼ିକର ଗତି ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 10,000 ମାଇଲରୁ 1 ମାଇଲକୁ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

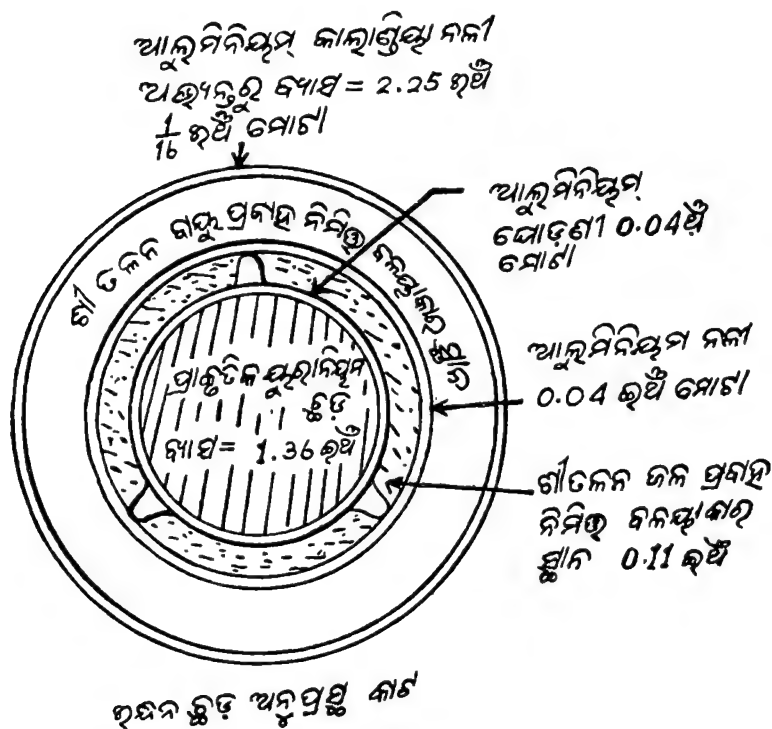
ରିଆକ୍ଟର ଫୋଡ଼ରେ ବହୁ ତାପ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ତାପକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରାଯାଇଥାଏ । କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା ମଧ୍ୟରେ ଭାରୀଜଳର ପ୍ରସ୍ତରକୁ ବଦାଇ ବା କମାଇ ରିଆକ୍ଟର ଶକ୍ତି ପ୍ରତି ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରାଯାଇଥାଏ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଇ ଓ ରିଆକ୍ଟର ତଳ ଭାଗରୁ କିଛି ଭାରୀଜଳ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରି ରିଆକ୍ଟରକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ବନ୍ଦ କରାଯାଇପାରେ ।

ରିଆକ୍ଟର ପାନ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ନିଉଟ୍ରନ ବାହାରକୁ ଖସି ପଳାନ୍ତି । ଏହା ବନ୍ଦ କରିବା ନିମିତ୍ତ କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା ଚତୁଃପାଶ୍ଵରେ ବିଶୁଦ୍ଧ ଗ୍ରାସାଇଟର 9" ଓ 24- $\frac{1}{2}$ " ମୋଟାର ଦୁଇଟି ସମକେନ୍ଦ୍ରୀୟ ବଳୟ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଏହି ବଳୟ ଦ୍ଵାରା ଖସି ପଳାଉଥିବା ଅଧିକାଂଶ ନିଉଟ୍ରନ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ରିଆକ୍ଟର ଫୋଡ଼କୁ ଫେରି ଆସିଥାନ୍ତି ।

କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା ମଧ୍ୟରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିଷିୟା ହେଉ ବହୁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବିକିରଣ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ । ରିଆକ୍ଟର ହଲରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କୁ ଏହି ବିକିରଣ ରକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ଗ୍ରାସାଇଟ୍ ରିଆକ୍ଟର ଚତୁଃପାଶ୍ଵକୁ 6" ମୋଟା ତିନୋଟି ଲୁହାର ଦୁଇଟି ବଳୟ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଏହି ଲୁହା ବଳୟ ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ 8'-0" ମୋଟା ତିନୋଟି ସିଲିଣ୍ଡର ଘେରି ରହିଥାଏ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ପ୍ରତ୍ୟେକ 1 ଫୁଟ ମୋଟାର ତିନୋଟି ତାପୀୟ ପରିବହକ ଜଳଦ୍ଵାରା ଶୀତଳ ନ କରାଯାଇଥାଏ ।

## ରିଆକ୍ଟର ଇନ୍ଦନ (Reactor Fuel)

ଆଲୁମିନିୟମ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ 10 ଫୁଟ ଲମ୍ବ ଓ 1'-6'' ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ପିଲ୍ଡର ଆକୃତିର ପୁରାନିୟମ ଡୋଡ଼ ରିଆକ୍ଟରର ଇନ୍ଦନ ଅଟେ । ତାପ ପରିବହନ ନିମିତ୍ତ ଆଲୁମିନିୟମର ଏକ ବଳୟାକାର ପଥ ମଧ୍ୟରେ ଶୀତଳନରୁ ଜଳ ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ । ସାଧାରଣ ପରିସ୍ଥିତିରେ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ 190ଟି ଛଡ଼ ଥାଏ ।



(ଫି ନଂ 72—C.I.R. ଇନ୍ଦନ ଛଡ଼)

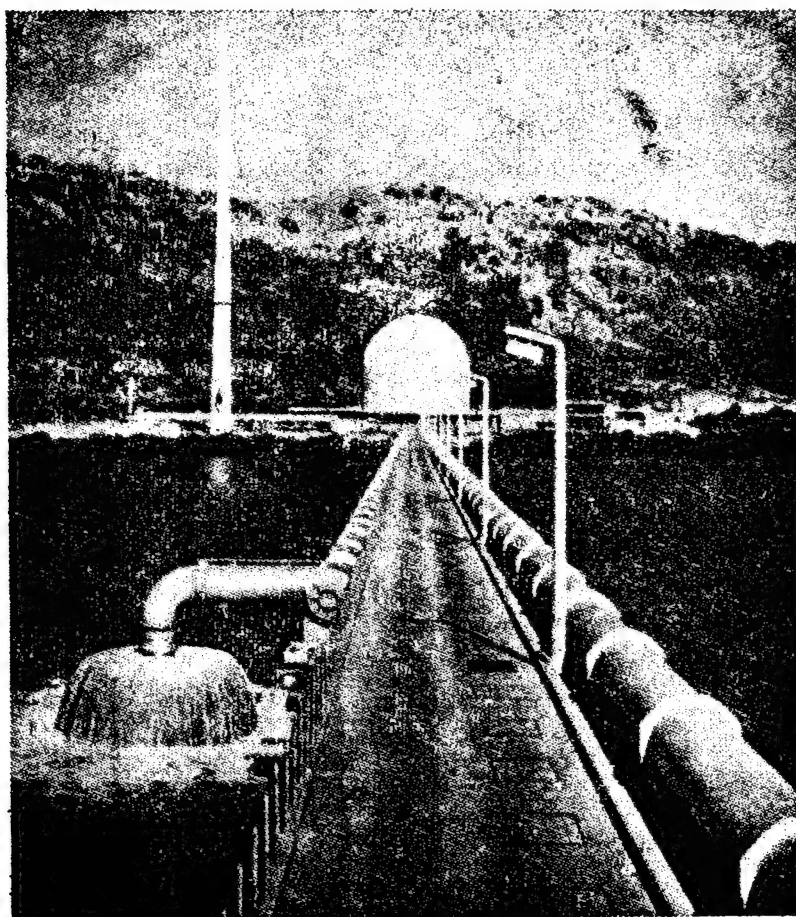
## ରିଆକ୍ଟରକୁ କପରି ଶୀତଳ କରାଯାଏ

(Cooling of the Reactor)

ରିଆକ୍ଟର ଡୋଡ଼ ମଧ୍ୟରୁ ଶୀତଳନ 95% ଭାଗ ତାପ ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳନ ଜଳଦ୍ୱାରା ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଶୀତଳନ ଜଳ ପୁରାନିୟମ ଛଡ଼ର ଉପର ଅଂଶରେ ପ୍ରବେଶ କରି ଉତ୍ତପ୍ତ ଅବସ୍ଥାରେ ଛଡ଼ର ନିମ୍ନ ଭାଗରୁ ବହୁଗତ ହୋଇଥାଏ ।



ଜଳ ମଧ୍ୟରୁ ଅମ୍ଳଜାନ ଶିଆଳ୍ଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କଲବେଳେ ଡେଲଟାଲୁୟ ସବକ୍ଷାର-  
ଯାନ—16ରେ ପରିଣତ ହେବାରୁ ପ୍ରାଥମିକ ବୀଜନନ ଜଳ ଡେଲଟାଲୁୟ ହୋଇଥାଏ ।  
ସନ୍ଧିୟ ଜଳରୁ ଡେଲଟାଲୁୟ ଡ୍ରାଏ କରିବା ନିମନ୍ତେ 800'-00'' ଲମ୍ବ ଓ 5'-00''  
ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ବିନୟନାସ୍ତ୍ର ଲୁପ (Delay Loop) ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଏହି ଜଳ ଗତି  
କରିଥାଏ । 23 ମିନିଟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଏଥିରୁ ଡେଲଟାଲୁୟ ଶୁଦ୍ଧ ଜଳ ପୁନର୍ବାର ଶିଆଳ୍ଟର  
ବ୍ୟବହାର ନିମନ୍ତେ ମିଳିଥାଏ ।



ଚିତ୍ର ନଂ 73—ବମ୍ବେ ବନ୍ଦରରୁ ଜେଟି (Jetty)

ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଓ ପମ୍ପ ବନ୍ଦ ହେଲେ ଜରୁରୀକାଳୀନ ପରିସ୍ଥିତି ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଶୀତଳନ ନିମିତ୍ତ ଜଳ ଗୋଲକାର ଜରୁରୀକାଳୀନ ଟାଙ୍କିରୁ ଗ୍ରାସି ଗ୍ରାସି ଉଠିବା ପ୍ରକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ । ଏହି ଟାଙ୍କିରେ 850,000 ଗ୍ୟାଲନ ଜଳ ସଂଚାଳନା ମହଜୁଦ୍ ହୋଇଥାଏ ।

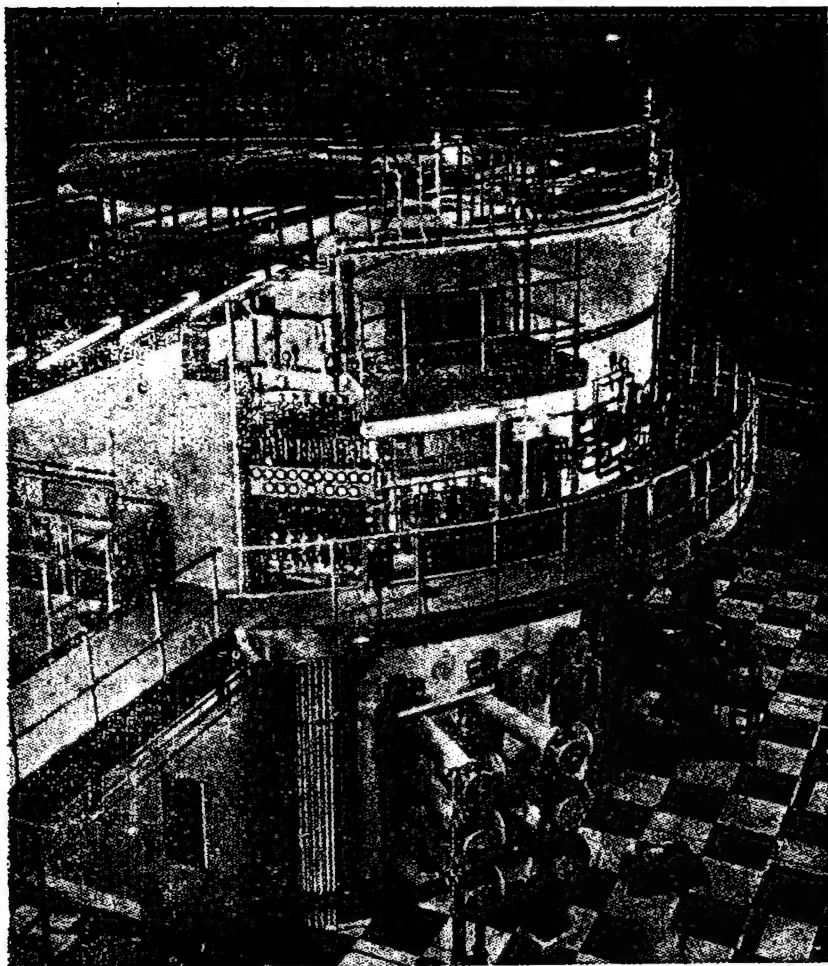
ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକ ପଦ୍ଧତିର ଶୀତଳନ ନିମିତ୍ତ ବମ୍ବେ ବନ୍ଦରରୁ ସମୁଦ୍ର ଜଳ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଥାଏ । ଜଳ ପମ୍ପିଙ୍ଗ୍ ଷ୍ଟେସନ, 3200'-00'' ଲମ୍ବ ଜେଟି (Jetty) ର ପ୍ରାନ୍ତରେ ଅବସ୍ଥିତ । କ୍ଲୋରିନେସନ ଓ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣ ସବୁ ଜେଟି ମୁଣ୍ଡରେ ଥାଏ ।

## ରିଆକ୍ଟର ଉପଯୋଗ ଓ ଏଥିରେ ଥିବା ସୁବିଧା ସୁଯୋଗ

(Reactor Facilities and Their Uses)

CIR ପୃଥ୍ବୀର ଏକ ସୁନ୍ଦର ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟର । ରିଆକ୍ଟରର ଡାକ୍ତରୀ, ବିକିରଣର ଉପଯୋଗ କରି ଇଂଜିନିଅରିଂ, ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ, ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ, ଧାତୁ ବିଜ୍ଞାନ ଓ ଜୈବିକ ବିଜ୍ଞାନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗବେଷଣା କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯଥେଷ୍ଟ ସୁବିଧା ଅଛି । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଶିଳ୍ପ, ଚିକିତ୍ସାକ୍ଷେତ୍ର ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ପ୍ରାୟୋଗିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରିବା ନିମିତ୍ତ ତେଜସ୍ବିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

କାଲେଣ୍ଡ୍ରିୟା ମଧ୍ୟଦେଇ ଗଠିତ କରାଯାଇ 199 ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆଲୁମିନିୟମ ନଳୀମଧ୍ୟରୁ ସାତୋଟି କେବଳ ରିଆକ୍ଟର ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଓ ଅନ୍ୟ ଅଂଗଗୁଡ଼ିକର ପରୀକ୍ଷା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ରିଆକ୍ଟର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ବରେ ନେତେଗୁଡ଼ିଏ ଭୂସମାନ୍ତରାଳ ଛିଦ୍ର ଅଛି । କାଲେଣ୍ଡ୍ରିୟାର ପ୍ରାନ୍ତରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ରିଆକ୍ଟର ପରିରକ୍ଷକ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏହି ଛିଦ୍ର ରିଆକ୍ଟର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତୃତ । ନିଉଟ୍ରନ ଓ ଗାମା ରଶ୍ମିର ଡାକ୍ତରୀ, ବିକିରଣ ଏହି ଛିଦ୍ରଦେଇ ବାହାରକୁ ଆସିବା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ନିଉକ୍ଲିୟାର ଧର୍ମ, ରିଆକ୍ଟର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଓ ପ୍ରାୟୋଗିକ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବିଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷା ଏହି ବିକିରଣ ସହାୟତାରେ ହୋଇଥାଏ ।

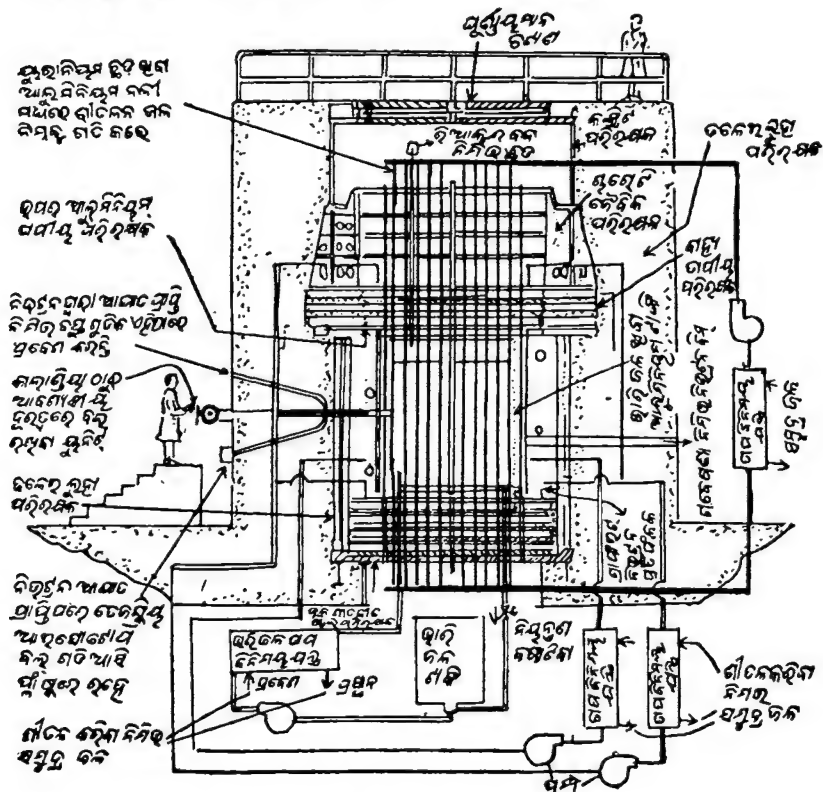


(ଚିତ୍ର ନଂ 74—ପାଇରସ (CIRUS) ରିଆକ୍ଟର ହଲର ଅନ୍ୟତ୍ର ଦୃଶ୍ୟ)

ଗ୍ରୀଷ୍ମାବଳୀ ଦୁଇଟି ତାପୀୟ ଗ୍ରହ, ଗ୍ରୀଷ୍ମାବଳୀ ପ୍ରତିଫଳକଠାରୁ ରିଆକ୍ଟର ପରିଚାଳନା ବାହାର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତୃତ । ଏଥିରୁ ବିଶୁଦ୍ଧ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମିଳିଥାଏ ଏବଂ ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକୁ ରେଟିଙ୍ଗ୍ ବାହାର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନେବାପାଇଁ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅଛି ।

କାଲିଷ୍ଟିମ୍ବା ଚତୁର୍ଥାଂଶରେ ଏବଂ ଗ୍ରୀଷ୍ମାବଳୀ ପ୍ରତିଫଳକ ମଧ୍ୟରେ କାଲିଷ୍ଟିମ୍ବା ଉଚ୍ଚତା ସହ ସମାନ 2- $\frac{1}{2}$  ବଲୟ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏହାରେ ଷୋଡ଼ଶମହାତ୍ତକୁ ବିକିରଣ

କରାଯାଇଥାଏ । ନିଉଟ୍ରନ ଅବଶୋଷଣ କରି ଥୋରିୟମ, ବିଭିନ୍ନ ଥିଉ ଆଇସୋଟୋପ  $U-233$  ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଭାରତରେ ଥୋରିୟମ ବହୁପରିମାଣରେ ମହାନୁପ ଅଛି, ତେଣୁ ଭବିଷ୍ୟତର ଶିଆଳ୍ପରଗୁଡ଼ିକ ଥୋରିୟମ-ୟୁରାନିୟମ ଚକ୍ର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବ । ଏହି ଅଭିଯାନ ସେଥିନିମିତ୍ତ ଖୁବ୍ ସହାୟକ । C.I.R.ର କାର୍ଯ୍ୟ ଯଦି, ବହୁ ପରିମାଣରେ  $U-233$  ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନୁହେଁ, ତଥାପି ଭବିଷ୍ୟତର ଶିଳ୍ପ ଥୋରିୟମ ଥୋରିୟମ ଯୁଗ୍ମକରଣ ପଦ୍ଧତି ପଦ୍ଧତି କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 75—ଆରେଖୀ ବର୍ଣ୍ଣନା, ସାଇକ୍ଲୋ ଥୋରିୟମ)  
(Diagrammatic Representation, CIRUS Reactor)

ଥୋରିୟମ ଗ୍ରେଡ୍ ଆଲୁମିନିୟମ, ଅଥ ବାଲୁକାଲୌହ, ନାଇଲନ, ମ୍ୟାଗନେସିୟମର ନମୁନାଗୁଡ଼ିକ ବର୍ଣ୍ଣିଷ୍ଟ କ୍ୟାପସୁଲରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଥାଏ । ରସାୟନ ପଦ୍ଧତିଗାର ପ୍ରାନ୍ତରୁ ଷ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏହି ନମୁନା କ୍ୟାପସୁଲଗୁଡ଼ିକୁ ବାୟୁରୂପ ଦ୍ଵାରା

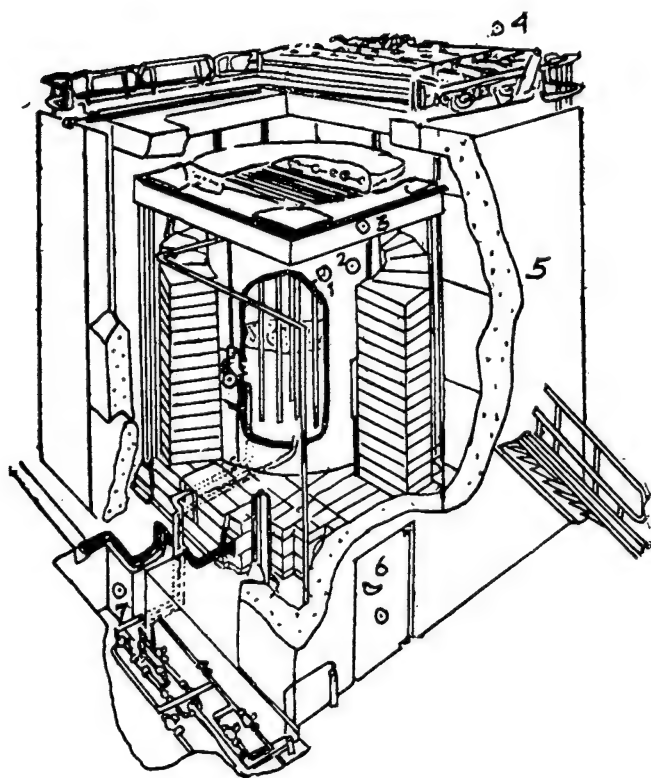
ଶିଆକ୍ଟରକୁ ପ୍ରେରଣ କରାଯାଏ । ଏହି ନମୁନାଗୁଡ଼ିକ 200' ପଥ ଅନ୍ତର୍ଦ୍ଧମ କରାଯାନ୍ତି । ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରିବା ପରେ ଏହି ନମୁନାଗୁଡ଼ିକ ଗ୍ୟାସୀୟ ରୂପରେ ରଖାଯୁନ ଚବେଷଣା ପଦ୍ଧତିଗାର ପ୍ରାନ୍ତକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କରନ୍ତି । ଏହି ନମୁନାଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କଲବେଲେ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 60' ରୁ ଅଧିକ ବେଗରେ ଆସିଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ଏହି ନମୁନାଗୁଡ଼ିକୁ ଗ୍ରହଣ କରିବା ପ୍ରାନ୍ତରେ ବିକିରଣରୁ ରକ୍ଷାପାଇବା ନିମନ୍ତେ ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଥାଏ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ନିରାପତ୍ତ ଅନ୍ତର୍ଗତନ (Safety Interlock System) ପଦ୍ଧତି ଓ ଆଲୋକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କୋଷ ପ୍ରଭୃତି ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଟ ଦ୍ଵାରା ପରିଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ନମୁନା ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କଲବେଲେ ଅନ୍ୟ ଏକ ନମୁନା ଯେପରି ନଯାଏ ତାହାର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଏହି ପଦ୍ଧତିଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ଵାରା କରାଯାଇଥାଏ ।

ବର୍ଷକୁ ଲକ୍ଷ ଲକ୍ଷ ଟଙ୍କାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଏହି ଶିଆକ୍ଟରରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ । ଚକିତ୍ରା ବିଜ୍ଞାନରେ ଏମାନଙ୍କର ବହୁଳ ବ୍ୟବହାର ହୋଇଥାଏ । ଫସଫରସ—32 ରୁଡର ବିଭିନ୍ନ ରୋଗ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । ହାଇପରଥାଇରଡିକମ ଓ ଥାଇରଏଡ କର୍କଟ ରୋଗର ନିଦାନ ଓ ଚକିତ୍ରା ନିମିତ୍ତ ଆଇଓଡିନ—131, ଅବସ୍ଥା ବିନଷ୍ଟ ନିମିତ୍ତ  $Co^{60}$  ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏଡଡବ୍ୟାଗଟ ଶିଳ୍ପକ୍ଷେତ୍ରରେ  $Co^{60}$ , ସିନିୟମ—137 ଓ ଇରିଡିୟମ—192ର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏଗୁଡ଼ିକ ଏହି ଶିଆକ୍ଟରରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

## ଜରଲିନ (ZERLINA)

Zero Energy Lattice Investigation Nuclear Assemblyରୁ ZERLINA ଶବ୍ଦ ହୋଇଛି । ଏହା ଭାରତୀୟ ତୃତୀୟ ଶିଆକ୍ଟର । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଜାଲିକ ସମାବେଶ (Lattice Assembly) କୁ ଏଥିରେ ପଦ୍ଧତି କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଶିଆକ୍ଟରରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ସମାବେଶକୁ ସେମାନଙ୍କର କ୍ରିୟାକ୍ତିତା ତଥା ଅନ୍ୟ ବିଶେଷତ୍ଵ ନିମିତ୍ତ ପଦ୍ଧତି କରାଯାଏ । ଜାଲିକ, ଦୋଳନ, ବିପଦଗୁଣାଙ୍କ (Danger Coefficient), ନିୟନ୍ତ୍ରଣଶକ୍ତି ପଦ୍ଧତି ଏବଂ ନୂତନ ଶିଆକ୍ଟର ଗଠନ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଧାରଣା କରିବା ନିମନ୍ତେ ଏହା ଉପଯୋଗୀ ।

ଟ୍ରମ୍ପେ କର୍ମରୂପାନଙ୍କ ଦ୍ଵାରା ଏହାର ଡିଜାଇନ ଓ ନିର୍ମାଣ ହୋଇଥିଲା । ଏଥିରେ ଭାରତୀୟ ମନ୍ତ୍ରକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । 1961 ଜାନୁୟାରୀ 14ରେ ଏହା ପ୍ରଥମ କ୍ରିୟାକ୍ତିତା ହାସଲ କରିଥିଲା ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 76—ଜରଲିନା ରିଆକ୍ଟର, ZERLINA Reactor)

- 1) ରିଆକ୍ଟର ଟାଙ୍କି, 2) ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ପ୍ରତିଫଳକ, 3) ବର୍ଗୀକାର ବାହୁ, 4) ଉପର ଟଙ୍କି, 5) କେବଳ ପରିଚଳକ, 6) ଦ୍ଵାର, 7) ନିଷ୍କାସନ ନଳୀ, 8) କାଉଣ୍ଟିଂ ସର୍କିଟ୍ ।

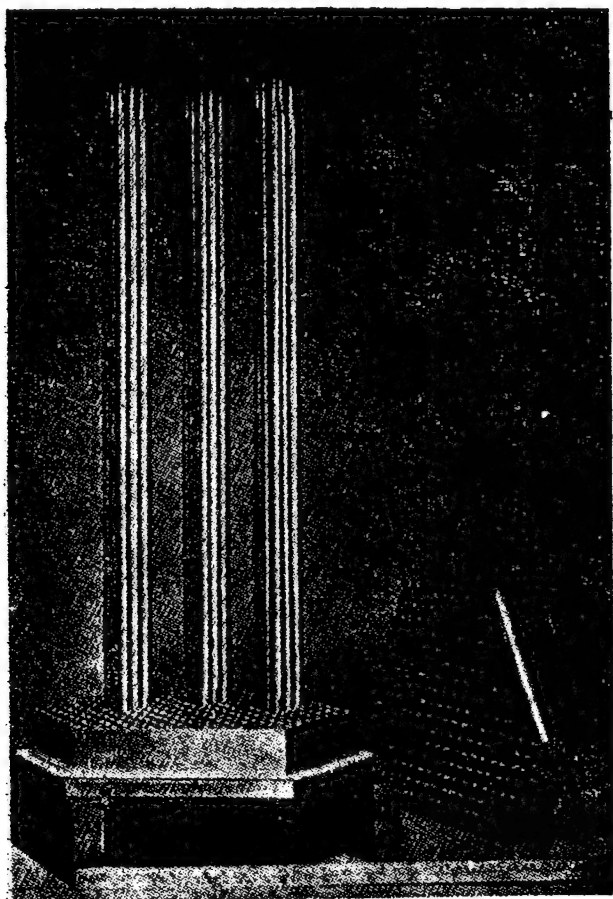
### ପୁର୍ନିମା (PURNIMA)

(Zero Energy Fast Reactor at Trombay)

ଭାରତର ଚତୁର୍ଥ ରିଆକ୍ଟର ଓ ଟ୍ରମ୍ବେରେ ଛାଡିତ । PURNIMA ଏହି ଶବ୍ଦଟି Plutonium Reactor for Neutronic Investigations in Multiplying Assemblies ରୁ ନେଇ ହୋଇଛି । ସମସ୍ତ ରିଆକ୍ଟର ଅପେକ୍ଷା

ଏହା ଭିନ୍ନ । କାରଣ ଏଥିର ଚେନ୍ ଅଭିଯାନ 100 Kevରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଗତ ବିଶିଷ୍ଟ ଖବ୍ଦ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ ।

ରାଆକ୍ଟରର ମୁଖ୍ୟ ଅଂଶ ହେଲା ଏହାର 3 - ଲଟର କୋଡ଼ । ଏହି କୋଡ଼ରେ ସ୍ପେନ୍‌ଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଅବଂତାଳିତ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଜଳନପିନ୍ ଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟାସ 11 ମିଲିମିଟର ଏବଂ ଏମାନେ ଶଷ୍ଟନୋଶୀୟ ସ୍ପେନ୍‌ଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ପାତ୍ର ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ।



(ଫଟ ନଂ 77—PURNIMA ଖୋଡ଼)

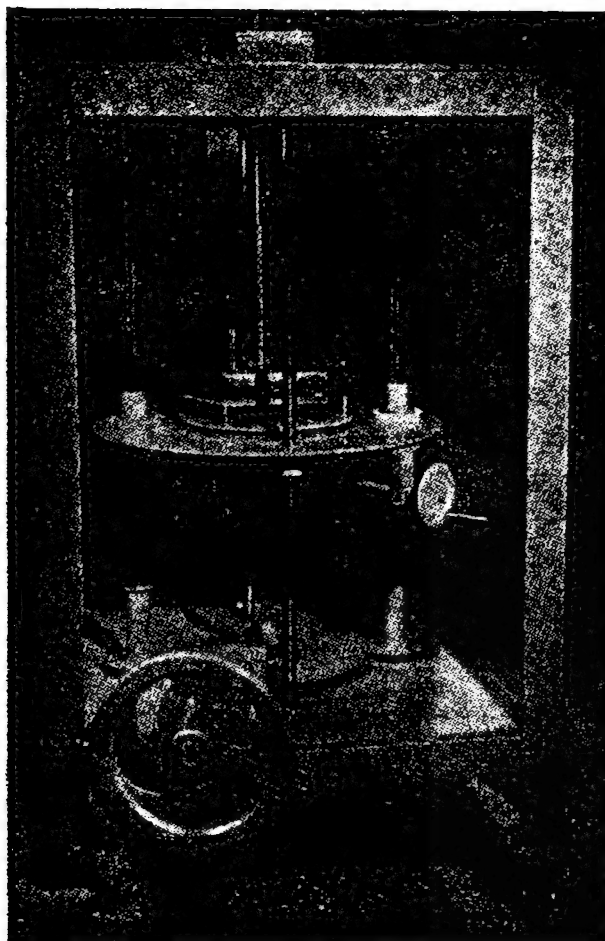
ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବିଭଜନରୁ ଦୁଇ ବା ତିନିଗୋଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଚେନ୍ ଅଭିଯାନରେ ସାହାଯ୍ୟ କରନ୍ତି । ଚେନ୍ ଅଭିଯାନର ଗୋଟିଏ ବିଭଜନରୁ ଅନ୍ୟ ବିଭଜନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନକୁ ତାତ୍କାଳିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଆୟୁକାଳ କହନ୍ତି । ଖବ୍ର ଗିଆକ୍ଟରର ଚେନ୍ ଅଭିଯାନ ନିମିତ୍ତ ଏହି ସମୟ ୮ ଖର୍ବ୍ କମ୍ ହେବା ଉଚିତ୍ । ଟ୍ରମ୍ପେ ଶରକ ଟରରେ ୮ ର ମାନ  $5 \times 10^{-8}$  ସେକେଣ୍ଡ ଅଟେ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ନିମିତ୍ତ ସମୟ ଖର୍ବ୍ କମ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଅତିଶୀଘ୍ର ବହୁ ସଂଖ୍ୟାରେ ବଢ଼ିଗଲେ ଏବଂ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ସ୍ଵୟଂଗୁଳିତ ଚେନ୍ ଅଭିଯାନ ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ବଳୟିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନର ଉପସ୍ଥିତି ହେତୁ ଏହା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ରେ 1000 ତାତ୍କାଳିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରାୟ 2ଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ବଳୟିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଯଦି  $K = 0.998$  ନିଆଯାଏ ତେବେ ବଳୟିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ଵାରା  $K$ ର ମାନ 1କୁ ବୃଦ୍ଧିପାଇ ଚେନ୍ ଅଭିଯାନ ଚାଲୁ ରହିଥାଏ ।

ଏହି ଗିଆକ୍ଟର କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିଚାଳନା ଥିବା ଏକ ପ୍ରକୋଷ୍ଟ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ । 1.5 ମିଟର କଂକ୍ରିଟ୍ କାନ୍ଥର ବାହାରେ ଥିବା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଟ୍ରରୁ ଏହି ଗିଆକ୍ଟର ପରିଚାଳନା କରାଯାଇଥାଏ । ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଆୟନକାଶ କକ୍ଷ (Ionisation Chamber) ଓ ପଲ୍-ସ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଙ୍କେତ ପାଇ ଗିଆକ୍ଟର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇଥାଏ ।

ଡିଜାଇନ୍ ଓ ପରିଚାଳନା ସମୟରେ ଡେଜିନ୍-ସୁରା ନିରାପତ୍ତ ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଏ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବସ୍ତୁର ବିଷମୟ ପ୍ରଭାବ ଅତି ବିପଜ୍ଜନକ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଗମ୍ବୁଜ (Vault)ର ବାୟୁକୁପରୀକ୍ଷା ଓ ଫିଲଟର୍ କରି ଅବଶିଷ୍ଟାଂଶକୁ 150ମିଟର ଉଚ୍ଚ ଏକ ଗମନ ଦ୍ଵାରା ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳକୁ ଛାଡ଼ାଯାଏ ।

ଇନ୍ଦନ ବୋର୍ଡେଇ ନିମନ୍ତେ ହୋଡ଼ ପାତ୍ରକୁ ଇନ୍ଦନ ବୋର୍ଡେଇ ଯନ୍ତ୍ର ଉପରେ ରଖାଯାଏ । ଥରକେ ଗୋଟିଏ ଇନ୍ଦନ ପିନ୍ ତଳୁ ଆସି ବୋର୍ଡେଇ ହୋଇଥାଏ । 1972 ମସିହା ମେ ମାସ 9 ତାରିଖରେ ହୋଡ଼ ପାତ୍ରରେ ପ୍ରଥମ ଇନ୍ଦନ ପିନ୍ ବୋର୍ଡେଇ ହୋଇଥିଲା । ପ୍ରତି ଥର ଇନ୍ଦନ ପିନ୍ ବୋର୍ଡେଇ ପୂର୍ବରୁ ଗଣନା ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗିଆକ୍ଟରର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଫ୍ଲକ୍ସ ପ୍ରଭୃତି ମାପ କରାଯାଇଥାଏ । 1972 ମସିହା ମେ ମାସ 22 ତାରିଖରେ 177 ଇନ୍ଦନ ପିନ୍ ବୋର୍ଡେଇ ପରେ 21.6Kg ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ସହ ଏହା ହାଲୁକିତା ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରାଗଲା । ଏହାଦ୍ଵାରା ଭାରତ ଭୂମିରେ ସର୍ବପ୍ରଥମ ଥର ପାଇଁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ସ୍ଵୟଂ-ଗୁଳିତ ଖବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଚେନ୍ ଅଭିଯାନ ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରିଥିଲା ।





(କିନ୍ତୁ ନଂ 78- ଉତ୍ତର ଗୋଟିଏ ପ୍ରଶ୍ନ) PURNIMA Reactor)

ପୁରନିମା ଚାନ୍ଦିକତା ହାସଲ କରିବା ପରେ ଡାକ୍ତର ପ୍ରଜନନ ରାୟାଙ୍କୁ ଯେ ସହୃଦ  
ହୋଇପାରିବ ଏହା ଜଣାପଡ଼ୁଥିଲା । ଦୃଢ଼ବାସ ବଜ୍ରଜ୍ଞାନରେ ଡାକ୍ତର ପ୍ରଜନନ ପାଣ୍ଡାଙ୍କୁ  
ରାୟାଙ୍କୁ କିମିତି ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ (1.05 ରୁ 1.4) ଫର୍ମିନ୍ ସହୃଦ ବୋଲି ଜଣାଯାଇଛି ।  
ତେବେ ପ୍ରଜନନର ବିଶେଷତ୍ତ୍ୱ ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ । ପ୍ରକୃତରେ ଟେବଲ ଗୋଟିଏ  
ପ୍ରକାରର  $u-235$  ଚରଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ମିଳିଥାଏ । କିନ୍ତୁ  $u-238$  ଓ  $Th-232$

ବହୁଳ ପମୋଶରେ ମିଳିଥାନ୍ତି । ଖଣିଜ ପ୍ରକୃତିକ ସ୍ୱରାଜ୍ୟସ୍ରେ  $u-238$  ଶତକଡ଼ା 99.3 ଭାଗ ଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଶତକଡ଼ା 0.7 ଭାଗ  $u-235$  ଥାଏ । ଯଦି ଶିଆଳ୍ଟରର ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ 0.9 ହୁଏ ତେବେ ମିଳୁଥିବା ବିଭଜନୀୟ ପରମାଣୁ ଗୁଡ଼ିକୁ

$$\frac{1}{1-0.9}=10$$

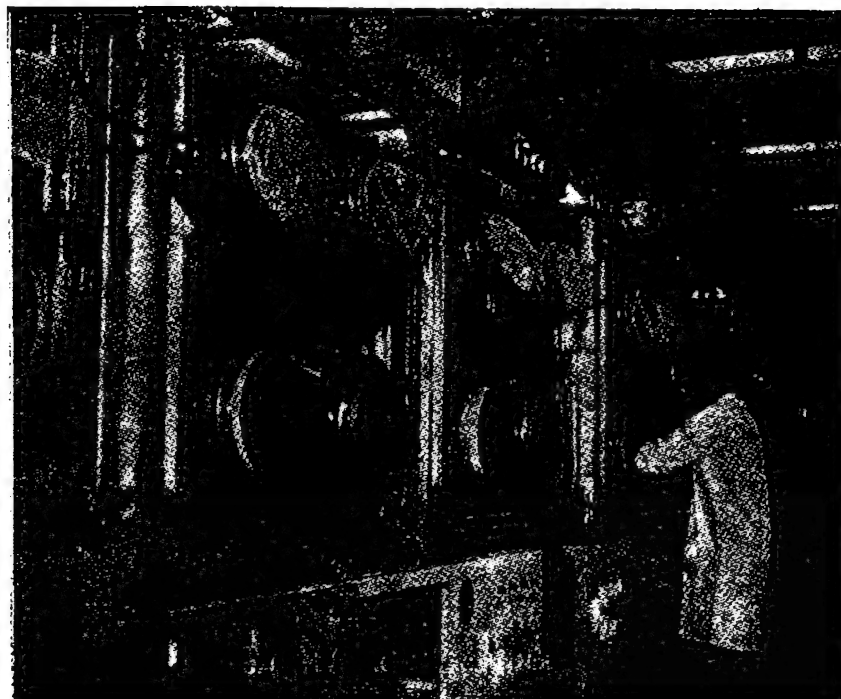
ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କରାଯାଇପାରେ । ଯଦି ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ 0.99 ହୁଏ

ତେବେ ନିଉକ୍ଲିନ୍ ବୃଦ୍ଧି ଗୁଣାଙ୍କ 100 ହୋଇଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି ପ୍ରକାରରେ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତକୁ 1 ବା ୩୦ରୁ ଅଧିକ କରାଯାଏ ତେବେ ଏଥିରୁ ଅତୀମ ବିଭଜନୀୟ ପରମାଣୁ ମିଳିଥାନ୍ତି । ଅର୍ଥାତ୍ ଅବ୍ୟବହୃତ  $u-238$  ଓ  $Th-232$ କୁ ଏହି ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରିହେବ ।  $Th-232$  ନିଉକ୍ଲିନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି  $u-233$ ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି  $u-233$ ,  $Pu-239$  ବା  $u-235$  ଭଳି ବିଭଜନୀୟ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଜନନ ଲାଭ (Breeding gain =  $B.R - 1$ ) କୁ ଏପରି ଉଚ୍ଚ କରାଯାଇଥାଏ ଯଦ୍ୱାରା ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ସମୟ (Doubling Time) ମିଳି ପାରିବ । ଏହି ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରଜନକ ଶିଆଳ୍ଟରରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ଇନ୍ଦନ ମିଳିଥାଏ ଯାହା ଅନ୍ୟ ପ୍ରଜନକ ଶିଆଳ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରିବ । ଭାରତ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଜନକ ଶିଆଳ୍ଟର ଆବଶ୍ୟକତା ବେଶି ।

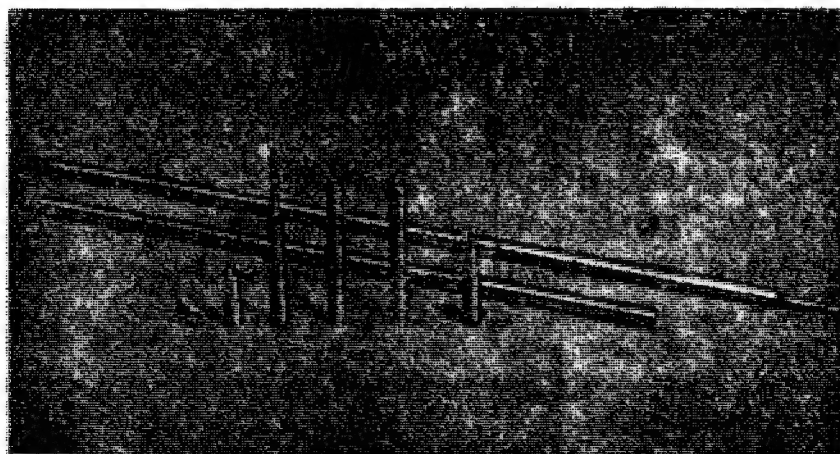
ଟ୍ରମ୍ବେର PURNIMA ଏକ ପ୍ରାୟୋଗିକ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଡାକ୍ତରୀ ଶିଆଳ୍ଟର । ଏଥିରେ ପ୍ରଜନନ ହୋଇନଥାଏ । ଭାରତର ପ୍ରଥମ ଡାକ୍ତରୀ ଶିଆଳ୍ଟର ମାଡ୍ରାସ ନିକଟରେ ନିର୍ମାଣ ଗୁଲୁଛି । ଏହାର ନିର୍ମାଣ ଓ ପରିଚାଳନା ବେଳେ PURNIMA ବିଭିନ୍ନ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣ ଯୋଗାଇବ ।

## PURNIMA ନିମିତ୍ତ ଇନ୍ଦନ

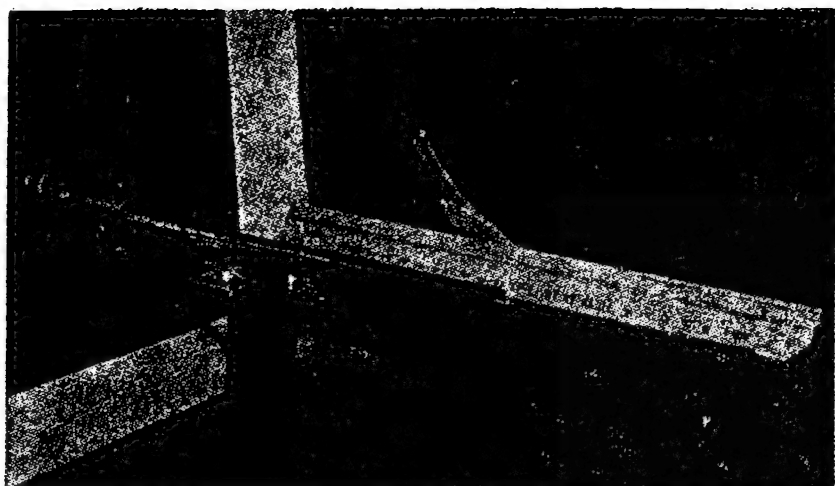
ଏହି ଶିଆଳ୍ଟର ନିର୍ମାଣ ସମୟରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଇନ୍ଦନ ପିନ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥିଲା । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଧାତୁର ବିଷମତା ପ୍ରଭାବ ଅଧିକ । ଶରୀର ଲେବଲ 0.6 ମାଇକ୍ରୋଗ୍ରାମ୍ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍, କ୍ଷତି ବିନା ଗ୍ରହଣ କରିପାରେ । ଏହା ଏକ ଧୂଳିକଣାର ଆକାରରୁ କମ । ଯେଥି ନିମିତ୍ତ ଗ୍ଲୋଭ ବାକ୍ସର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଗୋଭବାକ୍ସ ମଧ୍ୟରୁ ଗୁପ୍ତ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଗୁପ୍ତାରୁ କମ କରାଯାଇଥାଏ, ଯଦ୍ୱାରା ବାକ୍ସ ମଧ୍ୟରୁ କିଛି କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ବାହାରକୁ ଉଡ଼ି ନ ଯାଇ ପାରିବେ ।



( ଚିତ୍ର ନଂ 79—ପ୍ଲଟୋନିୟମ ଇସନର ଘିନ-ପ୍ରସ୍ତୁତ ନିର୍ମିତ ଗ୍ଲୋଭ ବାକ୍ସ )



( ଚିତ୍ର ନଂ 80—ଘରନ ଘିନ )



( ଚିତ୍ର ନଂ 81—ଇନ୍ଦ୍ର ପଦ୍ମ ପାପକ ଯନ୍ତ୍ର )

ଅନୁକୂଳ ପରିସ୍ଥିତିରେ 500 gm ପ୍ଲୁଟୋନିୟମରେ ଛାନ୍ଦିତ ହୋଇଥିବା ହିଲିୟମ ବେଲ୍‌ବ୍‌ର ଘଟିପାରେ । ସେଥି ନିମ୍ନ ଗ୍ଲୋବ୍‌ବାକ୍‌ସ୍‌ରେ ଇନ୍ଦ୍ର ପଦ୍ମ ବେଲ୍‌ବ୍‌ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଛାନ୍ଦିତ ହୋଇ ନ କରବାର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଥାଏ ।

# ଭାରତର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ସଂସ୍ଥା (Atomic Energy Establishment in India)



( ଚିତ୍ର ନଂ—82 )

ମାନଚିତ୍ରରେ ସୂଚିତ ସଂଖ୍ୟାଗୁଡ଼ିକର ବିବରଣୀ

1. ବୁଲ୍‌ମାଟ୍—ଉଚ୍ଚତା ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର
2. ନାଟଲ—ଭାରତୀୟ ପୂର୍ଣ୍ଣ
3. ଦିଲ୍ଲୀ—ଆଣବିକ ମିନିରାକ୍ଟର ବିଭାଗ
4. ନାଗପୁର—ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର
5. ରାଣପ୍ରତାପ ସାଗର—ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ଓ ଭାରତୀୟ ପୂର୍ଣ୍ଣ

6. ଅନ୍ତେମଦାବାଦ—ଭୌତିକ ଗବେଷଣା ପଦ୍ଧତିଗୁଡ଼ିକ
7. ବରୋଦା—ଭାରତୀୟ ପୃଷ୍ଠା
8. ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ—ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର  
ପୂର୍ଣ୍ଣସଂସାଧନ ସ୍ଥାନ
9. ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ—ଆବେଶ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର
10. ଟ୍ରମ୍ବେ—ଭାରତୀୟ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର
11. ବରୋଦା—ଟାଟା ପ୍ରତିଷ୍ଠାନ (ମୌଳିକ ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ) ଓ  
ଟାଟା ପୃଷ୍ଠା କେନ୍ଦ୍ର
12. ଗୌରୀବାଦ୍‌—ଭୂକମ୍ପୀୟ କେନ୍ଦ୍ର (Seismic Station)
13. ଆଲ୍‌ଫା—ରେଆର୍ ଆରଥ ପୃଷ୍ଠା
14. ଗୁରୁତ୍ବ—
15. ମାନାସ୍କରଣ } ଶାନ୍ତି ବାଲି
16. } ଗୁରୁତ୍ବ—ଭାରତୀୟ ପୃଷ୍ଠା
17. }
18. କାଲିଫୋର୍ନିଆ—ଭାରତୀୟ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର
19. ମାଡ୍ରାସ—ଆବେଶ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର
20. ମାଡ୍ରାସ—ସହର
21. ହାଇଦ୍ରାବାଦ—କଲେକ୍ଟିବ୍ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ କରପୋରେସନ୍ ଓ  
ନିଉକ୍ଲିୟର କମିଶନ ସଂସ୍ଥା
22. ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ—ଭାରତୀୟ ପୃଷ୍ଠା
23. ସବୁରୁଡ଼ା—ସୁବର୍ଣ୍ଣସିନ୍ଧୁ କରପୋରେସନ୍
24. କଲିକତା—ସାହା ପ୍ରତିଷ୍ଠାନ (ନିଉକ୍ଲିୟର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ) ଓ  
ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଶକ୍ତି ସାହାଯ୍ୟ କେନ୍ଦ୍ର

### ଭାରତର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ସଂସ୍ଥା

(Atomic Energy Establishment in India)

ଭାରତୀୟ ଆଣବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର (ଟ୍ରମ୍ବେ)—  
(BHABA ATOMIC RESEARCH CENTRE, TROMBAY)

1957 ମସିହାରେ ସ୍ଥାପିତ ଏହି ଜାତୀୟ କେନ୍ଦ୍ର ନିଉକ୍ଲିୟର ଶକ୍ତିର ଗବେଷଣା ଓ  
ଉଦ୍‌ଘୋଷଣା କରି ନିମିତ୍ତ ରହିଛି । ଏଠାରେ ଗୁରୁତ୍ବ ଗବେଷଣା (IMw,) ସାହାଯ୍ୟ

(40Mw), କରଲିନା (100w) ଓ ଧୂରଜମା (Zero Energy) ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛନ୍ତି । 5.5 Mev ଭାନଡ଼ି ଗ୍ରାଫ ଡ୍ରେକେ ଯନ୍ତ୍ର, H-400 ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ଏବଂ ଉନ୍ନତ ଧରଣର ପରୀକ୍ଷାଗାର ଅଛି । ଏଠାରେ ସୂଚନାତ୍ମକ ଧାତୁ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍, ଫୁଏଲ୍ ଏଲିମେଣ୍ଟ୍ ଫାବ୍ରିକେସନ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍ ଓ ପ୍ରୁଟୋନାୟମ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ୍ ଅଛି ।

## ଗୌରୀ ବିଦାନୁର ଭୂକମ୍ପ କେନ୍ଦ୍ର

(GURIBIDANUR SEISMIC STATION)

ଏହା ଭାରତ ଆଣବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ରର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ବାଙ୍ଗାଲୋରର 80 କିଲୋ-ମିଟର ଦୂରତାରୁ ଅବସ୍ଥିତ । 1965 ମସିହା ଶେଷଭାଗରୁ U.K ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ସହାୟତାରେ ଏହା ନିର୍ମିତ ହୋଇଥିଲା । 25 km X 25 km ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହା ବ୍ୟାପ୍ତ । ଭୂନିମ୍ନର ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣରୁ ଏହା ଚିହ୍ନଟ କରିଥାଏ । ଭୂକମ୍ପ ବିଜ୍ଞାନ ଗବେଷଣାରେ ମଧ୍ୟ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

## ଆଣବିକ ଖଣିଜ ବିଭାଗ (ଦିଲ୍ଲୀ)

ATOMIC MINERAL DIVISION

ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଯୋଜନା ନିର୍ମିତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବୃତ୍ତି (Prospecting), ସର୍ବେକ୍ଷଣ (Survey) ଏହି ବିଭାଗ ଦ୍ଵାରା ହୋଇଥାଏ ।

## ରିୟାକ୍ଟର ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର

(REACTOR RESEARCH CENTRE)

ତାମିଲନାଡୁ ପ୍ରଦେଶର ମାଡ୍ରାସ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ କାଲପା-କାମପାରେ ଏହା ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ଟାବୁ ଚିଆକ୍ଟରର ଗବେଷଣା ଓ ଉନ୍ନୟନ ନିର୍ମିତ ସୁବିଧା ଅଛି । ଏଠାରେ ଏକ ଟାବୁ ପ୍ରଜନନ ପରୀକ୍ଷା ଷ୍ଟାଫ୍ ଷ୍ଟାପିତ ହୋଇଛି । ଏଥିରୁ ପ୍ରୁଟୋନାୟମ ଇନ୍ଦନ, ସୋଡ଼ିୟମ ଶୀତଳନ, ଟାବୁ ଚିଆକ୍ଟର ନିର୍ମିତ ଉତ୍ପାଦନ, ଗଠନ ଓ ପରିଚାଳନା ନିର୍ମିତ ଅଭିଜ୍ଞତା ହାସଲ ହୋଇପାରେ । ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ ଚିଆକ୍ଟର କଞ୍ଚି ନିୟନ୍ତ୍ରଣ, ଫୁଏଲ୍ ରିପ୍ରୋସେସିଙ୍ଗ୍, ସେଫଟିରାୟଟ୍, ଫୁଏଲ୍ ଉତ୍ପାଦନମେଣ୍ଟ୍, ଫୁଏଲ୍

ଗିପ୍ରୋସେସିଙ୍ଗ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଫାଏଲ୍ ଫାବ୍ରିକେସନ ଫାସିଲିଟି ଓ ପଲଗ୍‌ଡ଼ ଫାଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମିତ ସୁବିଧା ସୁଯୋଗ ଅଛି ।

ଫ୍ରାନ୍ସର କାଦାରକରେ ଥିବା (Rhapsodie Reactor) ସଦୃଶ ଏହି ଡାକ୍ତରୀ ପ୍ରକଳ୍ପ ପ୍ରକ୍ଷା ରିଆକ୍ଟର ଅଟେ, କିନ୍ତୁ ଶକ୍ତିପ୍ରାପ୍ତି ନିର୍ମିତ ଏହାକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ କରାଯାଇ ଅଛି ଏବଂ ଏଥିରୁ 15 Mw (e) ମିଳିଥାଏ । ଫ୍ରାନ୍ସର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କମିଶନ ସହାୟତାରେ ଏହାର ପରିଚାଳନା ଓ ନିର୍ମାଣ ହୋଇଛି ।

### ତାରାପୁର ଆଣବିକ ଶକ୍ତିକେନ୍ଦ୍ର (Tarapur Atomic Power Station)

ବମ୍ବେର 100 କଲେମିଟର ଉତ୍ତରକୁ ଅବସ୍ଥିତ । ଭାରତର ସର୍ବପ୍ରଥମ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ଦୁଇଟି ଫୁଟନ୍ତାଳନ ରିଆକ୍ଟରରୁ 400 Mw ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ମିଳିଥାଏ । ମହାବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଗୁଳିବାଟକୁ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇଥାଏ ।

### ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତିକେନ୍ଦ୍ର (Rajasthan Atomic Power Station)

ରାଜସ୍ଥାନ ପ୍ରଦେଶର ରାଣାପ୍ରତାପସାଗରଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହା କାନାଡ଼ା ସହାୟତାରେ ନିର୍ମିତ ହେବାକୁ ଯାଉଛି । ପ୍ରାକୃତିକ ଯୁଗ୍ମବିୟୁମ୍‌କୁ ଇନ୍ଦନରୂପେ ଓ ଭାଷ୍ଟ୍ର-ଜଳକୁ ମନ୍ଦନ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରି ଦୁଇଟି CANDU-ଗ୍ରେଣୀୟ ରିଆକ୍ଟରରୁ 400 Mw(e) ମିଳିପାରିବ ।

ପ୍ରଥମ ଯୁନିଟ୍ 1972 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 11 ରେ ଡାକ୍ତରୀତା ହାସଲ କରନ୍ତି ।

### ମାଡ୍ରାସ ଆଣବିକ ଶକ୍ତିକେନ୍ଦ୍ର (Madras Atomic Power Station)

ମାଡ୍ରାସ୍‌ର 80 କଲେମିଟର ଦକ୍ଷିଣକୁ ଅବସ୍ଥିତ । ଭାରତର ତୃତୀୟ ଆଣବିକ ଶକ୍ତିକେନ୍ଦ୍ର । ରାଜସ୍ଥାନ କେନ୍ଦ୍ରଭଳି ଏହାର ଦୁଇଟି CANDU-ଗ୍ରେଣୀୟ ରିଆକ୍ଟର ରହିବ । ଏହି କେନ୍ଦ୍ରର ଡିଜାଇନ୍ ଓ ନିର୍ମାଣ ନିର୍ମିତ କୌଣସି ବିଦେଶୀ ସହାୟତାର ଆବଶ୍ୟକତା ନାହିଁ ଏବଂ ଶତକଡ଼ା 80 ଭାଗ ଦେଶ ମଧ୍ୟରେ ହେବ ।



## ଭାରୀଜଳ (D<sub>2</sub>O) ପ୍ଲାଣ୍ଟ

ନାଙ୍ଗଲ(ପଞ୍ଜାବ) :—

(Nangal)

ଏହା 1962 ମସିହାରେ ସ୍ଥାପିତ ଏବଂ ଫର୍ଟିଲାଇଜର କରପୋରେସନ୍ ଅଫ୍ ଇଣ୍ଡିଆ ସହାୟତାରେ ପରିଚାଳିତ । ପ୍ରତିବର୍ଷ 14ଟନ୍ ଭାରୀଜଳ ଏଥିରୁ ମିଳିଥାଏ ।

ରାଣା ପ୍ରତାପ ସାଗର (କୋଟା) —

(Rana Pratap Sagar, Kota)

ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ରର ବଲ୍ଲଭା ବାଷ୍ପ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରି ବାର୍ଷିକ 100 ଟନ୍ ଭାରୀଜଳ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ । 1974 ମସିହା ପୁରୀ ଏହାର କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ହେବାର ଆଶା ।

ବରୋଡା—

(Baroda)

ଫରାସୀ ସହାୟତାରେ ସ୍ଥାପିତ । ଗୁଜରାଟ ଷ୍ଟେଟ୍ ଫର୍ଟିଲାଇଜର କମ୍ପାନୀରୁ ଫର୍ଟିଲାଇଜର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆମୋନିଆ ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରି ବାର୍ଷିକ 67.2 ଟନ୍ ଭାରୀଜଳ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ ।

ତୁତିକୋରିନ୍ —

(Tuticorin) :—ଫରାସୀ ସହାୟତାରେ ସ୍ଥାପିତ । ସଦର୍ ଫେଟ୍ଟୋକେମିକାଲ୍ ଇଣ୍ଡଷ୍ଟ୍ରିଜ୍ କରପୋରେସନ୍ ଲିମିଟେଡ୍ରର ଫର୍ଟିଲାଇଜର ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ଆମୋନିଆ ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରି ବାର୍ଷିକ 71.2 ଟନ୍ ଭାରୀଜଳ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ ।

1974-75 ମସିହାରେ ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ ହେବ ।

ଭାରୀଜଳ ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ (ତାଲଚେର)

(Heavy Water Project), (Talcher)

ଓଡ଼ିଶାର ତାଲଚେର ଠାରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଉଛି । ପଶ୍ଚିମ କମ୍ପାନୀର ଫ୍ରେଡ୍ରିକ୍ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ କମ୍ପାନୀ ସହାୟତାରେ ନିର୍ମିତ ହେବ । 1972 ମସିହା ଅକ୍ଟୋବରରେ ଏହି କମ୍ପାନୀ ସହ ଚୁକ୍ତି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲା । ଏହି ଚୁକ୍ତି ଅନୁସାରେ ଯାହାକି ଉପକରଣ, ଯୋଗାଣ, ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଏବଂ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ସୁବିଧା କରିବା ଏହି କମ୍ପାନୀର କାର୍ଯ୍ୟ । ଏହି ତାଲଚେରଠାରେ ଥିବା ଫର୍ଟିଲାଇଜର କରପୋରେସନ୍ ଅଫ୍ ଇଣ୍ଡିଆ ଦ୍ଵାରା ଚାଳିତ ଆମୋନିଆ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ସିନ୍ଥେସିସ୍ ଗ୍ୟାସ୍ ଟ୍ରିମ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରି ଏହି ଭାରୀଜଳ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ

ବାଷ୍ପିକ 62.7 ଟନ ଭ୍ୟାଙ୍କଲ ଉତ୍ପାଦନ ହୋଇପାରିବ । 1976 ମସିହା ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଏହି ଭ୍ୟାଙ୍କଲ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ ହେବାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ।

### ପାଠ୍ୟାବଳୀ ରିଆକ୍ଟର ଇନ୍ଦନ ପୁନଃସଂସାଧନ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Power Reactor Fuel Reprocessing Plant) (ଭାରାତପୁର)

ଟ୍ରମେସ୍ଟିକ ପ୍ଲଟୋନିୟମ୍ ପାଣ୍ଡର ଉତ୍କଳ, ନିର୍ମାଣ, ଓ ପରିଚାଳନା ଅଭିଜ୍ଞତା ହାସଲ ହେବା ପରେ BARC ଦ୍ଵାରା ସ୍ଥାପିତ ହେଉଛି । ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଭାରାତପୁର ଓ ନିର୍ମାଣ ହେଉଥିବା ଅନ୍ୟ ପ୍ଲାଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକରୁ ମିଳୁଥିବା କରଣିତ ଇନ୍ଦନର ସଂସାଧନ କରିବ ।

### ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ସଂସ୍ଥା (ହାଇଦରାବାଦ୍) (Nuclear Fuel Complex) (Hyderabad)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟାବଳୀ ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମିତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଇନ୍ଦନ ଯୋଗାଇ-  
ଥାଏ । ବର୍ଷକ ବରଷା 225 ପୁଷ୍ପାରେ ମିଳିପାରିବ ।

### ଭାରତୀୟ ୟୁରାନିୟମ କରପୋରେସନ୍ ଲିମିଟେଡ୍ Uranium Corporation of India Ltd (ଯଦୁଗୁଡା)

1967 ମସିହା ଅକ୍ଟୋବର ମସିହାରେ ଗଠିତ । ୟୁରାନିୟମ୍ ଖଣିର ଉନ୍ନୟନ ଓ ଯଦୁଗୁଡାସ୍ଥିତ ୟୁରାନିୟମ୍ ମିଲ୍ ପରିଚାଳନା ଦାୟିତ୍ଵ ଏଥିରେ ନ୍ୟୁ । ପ୍ରତିଦିନ 700 ଟନ୍ ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁପିଣ୍ଡ କାର୍ଯ୍ୟ ଏହି ମିଲ୍ରେ ହୋଇଥାଏ ।

### (ଭାରତୀୟ ରେୟାର୍ ଆରଥ୍ ଲିମିଟେଡ୍) Indian Rare Earths Ltd:—

ଏହା ଏକ ଭାରତୀୟ କମ୍ପାନୀ ଓ 1950 ମସିହାରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଆସୁଅଛି । ମାନାଭାବକୁଚିତ ଓ ଗୁଣ୍ଡାବର ଖଣିକ ବାଲୁକା ଶିଳ୍ପର ପରିଚାଳନା ଓ ଆଲୁମିନିୟମ୍ରେ ଥିବା ରେଆର୍ଥ ଆରଥର ଉତ୍ପାଦନ ଦାୟିତ୍ଵ ଏହାର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ସରକାରଙ୍କ ତରଫରୁ ଟ୍ରମେସ୍ଟିକ ପ୍ଲଟୋନିୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଏ ।

### (ଭାରତୀୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକ୍ସ କରପୋରେସନ୍ ଲିମିଟେଡ୍) (Electronics Corporation of India Ltd) (ହାଇଦରାବାଦ୍)

1967 ମସିହାରେ ଗଠିତ । BARC ଓ TIFR ନିର୍ମିତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକ୍ସ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ତଥା ବ୍ୟାପାରିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବହୁପ୍ରକାର ନିଉକ୍ଲିୟାର ଯନ୍ତ୍ରପାତି, ନିୟନ୍ତ୍ରଣଯନ୍ତ୍ର ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକ୍ସ କମ୍ପୋନେଣ୍ଟର ଉତ୍ପାଦନ ଦାୟିତ୍ଵ ଏହାର ଅଟେ ।

## ଟାଟା, ମୌଳିକ ଗବେଷଣା ପ୍ରତିଷ୍ଠାନ (ବମ୍ବେ) (Tata Institute of Fundamental Research, Bombay)

1945 ମସିହା ଜୁନ୍ ମାସରେ ସ୍ଥାପିତ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଓ ଜଣିତ ବିଜ୍ଞାନ ନିମିତ୍ତ ଏହା ଏକ ନିଗମ ଅନୁଷ୍ଠାନ । ଏଠାରେ ଦୁଇଟି ସ୍କିଲ ଅଣ୍ଟି-ସ୍କୁଲ ଅଫ୍ ମାଥମେଟିକସ୍ ଓ ସ୍କୁଲ ଅଫ୍ ଫିଜିକ୍ସ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ କଂପ୍ୟୁଟର, ବେଲୁନଫାବ୍ରିକେସନ୍ ଓ ଫ୍ଲାଇଙ୍ଗ୍ ଫାସିଲିଟି, ରେଡ଼ିଓ କାରବନ୍ ଡେଟିଙ୍ଗ ଲାବୋରେଟୋରୀ, ଟ୍ରାନ୍ସିୟମ୍ ଲାବୋରେଟୋରୀ, ତରଳ ଯନ୍ତ୍ରାବଳୀକରଣ ଓ ତରଳ ହିଲିୟମ୍ ପ୍ଲାଷ୍ମା ମଧ୍ୟ ଅଛି ।

### ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଶକ୍ତି ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରନ୍, (କଲିକତା) Variable Energy Cyclotrone, (Calcutta)

ଏହା କଲିକତାଠାରେ ସ୍ଥାପିତ । ଗୁପ୍ତର ଦି ହେଉ ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ କରପୋରେସନ୍, ଗୋପାଳର ଦି ହେଉ ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକାଲ୍ସ୍ ଲିମିଟେଡ୍, ହାଇଦରାବାଦର ଦି ହେଉ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସ୍, କରପୋରେସନ୍ କଲିକତାର ଗାର୍ଡନରୀ ଓ ପ୍ଲାନିଫର୍, ବାଙ୍ଗାଲୋରର ଦି ଟେଲିଫୋନ୍ ଇଣ୍ଡଷ୍ଟ୍ରିଜ୍ ଲିମିଟେଡ୍ ପ୍ରଭୃତି କେତେକ କମ୍ପାନୀ BARC ସହ ସହଯୋଗ କରି ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରନ୍ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣ ନିର୍ମାଣ କରୁଛନ୍ତି । ନିଉକ୍ଲିୟାର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ଉଚ୍ଚକୋଟୀର ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରନ୍ ଏକ ଅତି ଆଧୁନିକ ଉପକରଣ । କରଣର ଖବ୍ରତା ଅତିଉଚ୍ଚ ହେତୁ ଏହା ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଆଇସୋଟୋପ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିପାରିବ, ଯାହା ନିଉକ୍ଲିୟାର ଗନ୍ଧାକ୍ଷରରେ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

### ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ସଂସ୍ଥା, (ହାଇଦରାବାଦ) (Nuclear Fuel Complex, Hyderabad)

1980 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ଦେଶରେ 2700 MW (e) ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଲକ୍ଷ୍ୟ ଧାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଛି ।

ସେଥିରୁ ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟରୁ  $2 \times 190 \text{ MW (e)} = 380 \text{ MW (e)}$

ରାଜସ୍ଥାନର ଦୁଇସୁନଟରୁ  $2 \times 200 \text{ MW (e)} = 400 \text{ MW (e)}$

ମାଡ୍ରାସର ଦୁଇ ସୁନଟରୁ  $2 \times 200 \text{ MW (e)} = 400 \text{ MW (e)}$

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

ଏହାବ୍ୟତୀତ ଗୋଟିଏ ଯୁଗ୍ମଯୁଗ୍ମ  $2 \times 230 \text{ MW(e)}$  } ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି  
 ଏବଂ ଦୁଇଟି ଯୁଗ୍ମ  $2 \times 500 \text{ MW(e)} = 1000 \text{ MW(e)}$  }  
 ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମ ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ କରିବାର ପ୍ରସ୍ତାବ ଅଛି । କଞ୍ଚାମାଲଠାରୁ ଆରମ୍ଭ  
 କରି ରିଆକ୍ଟର ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ଇନ୍ଦନ ପ୍ରସ୍ତୁତ କାର୍ଯ୍ୟ ଏହି ବିଭଗ ଦ୍ଵାରା କରା-  
 ଯାଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ସଂସ୍ଥା (ହାଇଡ୍ରୋକାର୍ବ) ଉପରେକ୍ତ ପ୍ଲାଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକ ନିମନ୍ତେ  
 ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକ ଯୋଗାଇବ ।

(1) ତାପପୁର ଓ ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ଯୁଗ୍ମଟି 1କୁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ  
 ଜରକାଲିୟ ଓ ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ଇନ୍ଦନ (Replacement Fuel),

(2) ମାଡ୍ରାସ ଆଟମିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ MAPPକୁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଜରକାଲିୟ  
 ଓ ଇନ୍ଦନ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ପ୍ରତିଷ୍ଠା ହେବାକୁ ଯାଉଥିବା CANDU-ଶ୍ରେଣୀର ଅଥକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ  
 ଇନ୍ଦନ ।

(3) ରାଜାସ୍ଥାନ ଆଟମିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ଯୁଗ୍ମଟି-2 ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ  
 ଓ ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ଇନ୍ଦନ ନିମ୍ନଲିଖିତ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଯୁଗ୍ମଟି ନେଇ ଏହି ସଂସ୍ଥା ଗଠିତ ।

(1) ଯୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Uranium Oxide Plant)—

ବିହାର ପ୍ରଦେଶର ଯଦୁଗୁଡ଼ାରେ ଯୁରାନିୟମ କରପୋରେସନ ଅଫ ଇଣ୍ଡିଆ ଦ୍ଵାରା  
 ପ୍ରାପ୍ତ ଯୁରାନିୟମ୍ ଧାତବପିଣ୍ଡକୁ ରିଆକ୍ଟର-ଉପଯୁକ୍ତ ଯୁରାନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଗୁଣ୍ଠରେ  
 ପରିଣତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏଥିରୁ ବାର୍ଷିକ 125 ଟନ ରିଆକ୍ଟର-ଉପଯୁକ୍ତ ଯୁରାନିୟମ୍  
 ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଗୁଣ୍ଠ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାହେବ ।

(2) ଜିରକୋନିୟମ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Zirconium Plant)—

ଏହା 3ଟି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ନେଇ ଗଠିତ

(a) ଜିରକୋନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ

(b) ଜିରକୋନିୟମ୍ ସ୍ପ୍ଲାଇଟ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ

(c) ଜିରକାଲିୟ ଫ୍ଲୁଇଡ୍ କେସନ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ

ଇଣ୍ଡିଆର ରେଆର ଆରଥ ଲିମିଟେଡ୍‌ରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଜିରକନ୍ ବାଲି ଜିରକୋନିୟମ  
 ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ହାଫନିୟମ୍ ମୁକ୍ତ ଜିରକୋନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ

ଏବଂ ପରେ ସ୍ଥିର ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ କିରକୋନସ୍ମ୍ ସ୍ଥିର ଧାତୁରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । କିରକାଲସ୍ ଫାବ୍ରିକେସନ ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଗ୍ରେଡ୍ ସ୍ଥିରକୁ ରିଆକ୍ଟର କୋଡ୍ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣରେ ପରିଣତ କରାଯାଇଥାଏ । ବାର୍ଷିକ 50 ଟନ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କିରକାଲସ୍ ଉପକରଣ ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହେବ ବୋଲି ଲକ୍ଷ୍ୟଧାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଛି ।

### (3) ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଇନ୍ଦନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Ceramic Full Fabrication Plant)—

ସୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଉପଯୁକ୍ତ ସୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଗୁଣ୍ଡ ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ସିଣ୍ଡର୍ଡ୍ ପିଲେଟ୍ (Sintered Pellets)ରେ ପରିଣତ ହୋଇ କିରକାଲସ୍ ନିର୍ମାଣରେ ସିଲ୍ କରାହୁଏ ଏବଂ ଏହି ନିର୍ମାଣକୁ ଇନ୍ଦନ ଏଲିମେଣ୍ଟ ଗୁଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ ବାର୍ଷିକ 100 ଟନ ଇନ୍ଦନ ଏଲିମେଣ୍ଟ ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇପାରିବ ।

### (4) ସମୃଦ୍ଧ ସୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Enriched Uranium Oxide Plant)—

ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ବିଦେଶରୁ ଆମଦାନୀ ହେଉଥିବା ସମୃଦ୍ଧ ସୁରାନିୟମ ହେକ୍ସାଫ୍ଲୁରାଇଡ୍ ମୃତ୍ତିକାଶିଳ୍ପ ଉପଯୁକ୍ତ ସୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଗୁଣ୍ଡରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ । ଏଥିରୁ ବାର୍ଷିକ 25 ଟନ ସମୃଦ୍ଧ ସୁରାନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇପାରିବ ।

### (5) ସମୃଦ୍ଧ ସୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଦନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ— Enriched Uranium Full Fabrication Plant)

ସୁରାନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ମିଳୁଥିବା ଗୁଣ୍ଡକୁ କିରକାଲସ୍-କ୍ଲୋଡ୍ ଇନ୍ଦନ ଏଲିମେଣ୍ଟରେ ପରିଣତ କରି ତାରାପୁର ଶିଳ୍ପ କେନ୍ଦ୍ରକୁ ପଠାଯାଏ ।

### (6) ବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁପିଣ୍ଡ (Special Materials Plant)—

ଅତି ବିଶୁଦ୍ଧ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଗ୍ରେଡ୍ ବସ୍ତୁ ଏହି କାରଖାନାରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇଥାଏ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆଣ୍ଟିମୋନ, ଆରସନିକ୍, ବସମସ୍, କାଡ୍ମିୟମ୍, ଗେଲିୟମ୍, ସୁନା, ଜର୍ମିୟମ୍, ସିସିଆ, ସେଲିନିୟମ୍, ରୁପା, ଟେଲୁରିୟମ୍, ଟିଣ୍ଡ ଓ ଦ୍ରୁପା ପ୍ରଧାନ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଏଥିରୁ ବାର୍ଷିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ ଶିଳ୍ପ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ 1 ଟନ କାପାସିଟର ଗ୍ରେଡ୍ ଟାଟାଲମ୍ ଧାତୁମଳ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

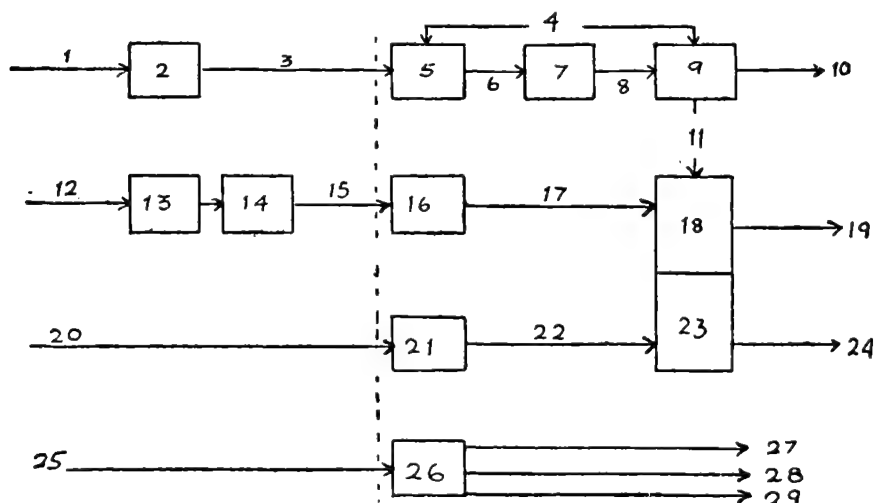
## (7) ଜିରକୋନିୟମ ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Zirconium Powder Plant)—

ଜିରକୋନିୟମ ଖୁବ୍ ଧାତୁକୁ ଅତି ସୁକ୍ଷ୍ମ ଆକାରର ଜିରକୋନିୟମ୍ ପୂର୍ଣ୍ଣରେ ପରିଣତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ପୂର୍ଣ୍ଣ ବିସ୍ଫୋରକ ଶିଳ୍ପ, ଭାବ୍ୟମଟ୍ୟୁବ, ଉତ୍ପାଦନ ଏବଂ ଫଟୋଫ୍ଲାସ୍ଟିକ୍‌ରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

## (8) ଗୁଣ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପରୀକ୍ଷାଗାର (Quality Control Laboratory)

ଏଥିରେ ମେଟାଲୋଗ୍ରାଫିକ, ମେକାନିକାଲ ଓ ସଂକ୍ଷରଣପଦ୍ଧତି ନିମ୍ନିତ୍ତ ପୁରାଣା ପ୍ରଯୋଗ ଅଛି ।

ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ସଂସ୍ଥା ପରିଚାଳନା ନିମ୍ନିତ୍ତ ଦୈନିକ 15 MW (e) ଉତ୍ପାଦନ ଏବଂ 0.4 ନିୟୁତ ଟ୍ୟାନ୍‌ରୁ ଲାଭ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏଥିରେ 80 ଇଞ୍ଜିନିୟର, 200 ହାଉଜିଫିକ ଆପ୍ପିକାଣ୍ଟ ଓ 950 ଟେକନିସିଆନ ସମେତ 1300 କର୍ମଚାରୀଙ୍କର କର୍ମ ସଂସ୍ଥାନ ହୋଇପାରେ ।



ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଦନ ସଂସ୍ଥା (ହାଇଡ୍ରାବାଦ୍)

(ଚିତ୍ର ନଂ 83) Nuclear Fuel Complex (Hyderabad)

## ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ଇନ୍ଦନ ସଂପ୍ଳା

(Neuclear Fuel Complex)

(ନିମ୍ନରେ ଥିବା ସଂଖ୍ୟାଗୁଡ଼ିକର ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ବିବରଣୀ)

1. କେରଳ ଓ ତାମିଲନାଡୁ ସମୂହ କୁଳ ବାଲି
2. IRE, ମାନାଭଲକୁରେ ଓ ଚୁରୁରରେ ବାଲି ପୃଥକ୍ କରଣ
3. ଜିରକନ୍ ବାଲି
4. ଜିରକୋନସ୍ ପ୍ଲାଷ୍ଟ
5. ଜିରକୋନସ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଷ୍ଟ
6. ଜିରକୋନସ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ (ନିଉକ୍ଲିୟାର ଫିଡ୍)
7. ଜିରକୋନସ୍ ପ୍ଲାଷ୍ଟ ପ୍ଲାଷ୍ଟ
8. ଜିରକୋନସ୍ ପ୍ଲାଷ୍ଟ ଧାତୁ
9. ଜିରକୋନସ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ଲାଷ୍ଟ
10. ଜିରକାଲସ୍ ସରକାରୀ ଉପକରଣ (ଭାରତୀୟ ଇନ୍ଦ୍ରଜିତ ନିର୍ମାଣ) କାଣ୍ଡୁ-ଗ୍ରେଣୀ ଇନ୍ଦ୍ରଜିତ ନିର୍ମାଣ ଶୀତ-ନକନଳୀ, କାଲନ୍ଦ୍ରା ଓ ପ୍ରବାହନଳୀ
11. ଜିରକାଲସ୍-2 ଇନ୍ଦ୍ରଜିତ ଉପକରଣ
12. ସୁରନସ୍ ମହାନଦୀ (ବିହାର)
13. UCIL, ଯଦୁପୁର ଖଣି
14. ମିଲରେ ଧାତବପିଣ୍ଡ ସଂକଳ୍ପନକରଣ
15. ମ୍ୟାଗନେସିୟମ୍ ଉତ୍ତରାଧିକାରୀ
16. ସୁରନସ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଷ୍ଟ
17. ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଗ୍ରେଡ୍ ସୁରନସ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍
18. ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ଲାଷ୍ଟ
19. କାଣ୍ଡୁ-ଗ୍ରେଣୀ ଇନ୍ଦ୍ରଜିତ ନିର୍ମାଣ ଗୁଡ଼ିକ
20. ସମ୍ପୃକ୍ତ ସୁରନସ୍ ଫ୍ରେକ୍ସାସ୍ ଗୁଡ଼ିକ (ଅମେରିକାରୁ ଆମଦାନୀ ହୁଏ)
21. ସମ୍ପୃକ୍ତ ସୁରନସ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଷ୍ଟ
22. ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଗ୍ରେଡ୍ ସମ୍ପୃକ୍ତ ସୁରନସ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍
23. ସମ୍ପୃକ୍ତ ଇନ୍ଦ୍ରଜିତ ପ୍ଲାଷ୍ଟ
24. ଭାରତୀୟ ଇନ୍ଦ୍ରଜିତ ନିର୍ମାଣ ଉପ-ସମାବେଶ
25. କଞ୍ଚାମାଲ୍ (ଆଂଶିକ ସ୍ୱଦେଶୀ, ଆଂଶିକ ସ୍ୱଦେଶୀ)
26. ଖାସ୍ ଧାତୁ ପ୍ଲାଷ୍ଟ
27. କାପାସିଟର ଗ୍ରେଡ୍-ଟାଣ୍ଡାଲମ୍ କଞ୍ଚାମାଲ୍-ଭାରତୀୟ କଲମ୍ବାଇଟ୍ (ଧାତବପିଣ୍ଡ)
28. ମାଉଣ୍ଟନ୍ ଅକାର-ଜିରକୋନସ୍ ଗୁଡ଼ିକ (କଞ୍ଚାମାଲ୍-ଭାରତୀୟ ଜିରକନ୍)
29. କଲେକ୍ଟିବ୍-ଗ୍ରେଡ୍ ଧାତୁ ସମ୍ପୃକ୍ତ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଆର-ସନକ୍ ଗେଲିୟମ୍ ଦୟା କ୍ୟାଡ୍ ମିୟମ୍ ରୁପା

PoCl<sub>3</sub>

ବୋରନ୍

ବିସମଥ

ସେଲିନିୟମ୍

ସୁନା

ସିନି

ଟେଲୁରିୟମ୍

ଇଣ୍ଡିୟମ୍

## ଆଣବିକ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ ଏବଂ ଇନ୍ଦନ ସମୂହ (Atomic Minerals and Fuels—)

ୟୁରାନିୟମ୍, ଥୋରିୟମ୍, ବେରିଲିୟମ୍, କଲମ୍ବିୟମ୍-ଟାଣ୍ଟାଲମ୍ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ କେଉଁଠାରେ କେତେ ପରିମାଣରେ ମିଳିପାରିବ ସେଗୁଡ଼ିକର ସର୍ତ୍ତ ଓ ବ୍ୟୟ ଅଟକଳ କରିବା ଏହି ବିଭାଗର ଦାୟିତ୍ବ ।

### ୟୁରାନିୟମ୍ ଅନ୍ବେଷଣ—

ବିହାର ପ୍ରଦେଶର ସିଂହଭୂମ୍ ପ୍ରସ୍ତାବେଲଟ ଅନ୍ତର୍ଗତ ନରଓଁଆପାହାଡ଼, ଗୁଡ଼ିନ୍, ବାଗଜାତା, ଭୁବନେଶ୍ବର, ଲେଟପାହାଡ଼, ଡୁଡ଼ୁର, ରାଜଗଡ଼ ଓ ପାଟକିତା, ମଧ୍ୟପ୍ରଦେଶ ଅନ୍ତର୍ଗତ ଗୋଲପଥର ମାନସିଂହପୁର (ବେଟୁଲ ଜିଲ୍ଲା), ବିଜୁପାଣି (ଦୁର୍ଗ ଜିଲ୍ଲା), ଧବ (ସାରଗୁଜା ଜିଲ୍ଲା), ରାଜସ୍ଥାନ ପ୍ରଦେଶ ଅନ୍ତର୍ଗତ ସିଂହପାଲି ଓ ସିଓର (ବୁନ୍ଦେଲ୍ ଜିଲ୍ଲା) ଇତ୍ୟାଦିପ୍ରଦେଶ ଅନ୍ତର୍ଗତ ଦେଓଆନ ଓ କ୍ଷେତପାଲରେ ଭୂଗର୍ଭରେ ଗର୍ଭି କର ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ଅନ୍ବେଷଣ କରାଯାଇଛି । ଯଦୁପୁରୀରେ ଭୂମିମ୍ଳରେ ଧାତବ ପିଣ୍ଡ ବହୁ ପରିମାଣର ମହଜୁଦ୍ ଥିବାର ସନ୍ଦାନ ମିଳିଛି । ଭୁବନେଶ୍ବର ଓ ଧବ ଖଣି ଅଞ୍ଚଳରେ ଉଲୋଖନୀୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ସନ୍ଦାନ ମିଳିଛି । ଭୁବେ ଜାନିକ ସର୍ବେ ଦ୍ବାରା ହରିୟାନାର ସିଓପାଲିନ୍ ପଥର, ହିମାଳୟ ପାଦଦେଶରେ ସବୁଜ ଧୂସର ଫେଲ୍ସପାର ବାଲିପଥର ଓ ପ୍ରମପାୟୀ ପ୍ରାଣୀର ଜୀବାଶରେ ଉଚ୍ଚ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଥିବାର ସନ୍ଦାନ ମିଳିଛି । ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟତାକୁ ପଥରରେ ଥିବା ୟୁରାନିୟମ୍ ର ଅନ୍ବେଷଣ କରାଯାଇପାରିବ । ୟୁରାନିୟମ୍ ନିମିତ୍ତ ଯେତେକ ରେଡ଼ିଓସେକ୍ଟିଭ୍ ଓ ଭୁବେଜାନିକ ଅନ୍ବେଷଣ କରାଯାଇଛି, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ-ପ୍ରଦେଶର ବେଟୁଲ ଓ ହୋସାଙ୍ଗାବାଦର ୟୁରାନିଫେରସ୍ ବାଲିପଥର ଏହି ପ୍ରଦେଶର ସାରଗୁଜା ଜିଲ୍ଲାର ଧବଠାରେ ୟୁରାନିଫେରସ୍ ସାଏନାଇଟ୍ (Uraniferous Syenite), ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶର ଡେବଡ଼ୁନ୍ ଜିଲ୍ଲାର ମଂସୌରରେ ୟୁରାନିୟମ୍ ଥିବା ଫସ୍ଫୋରାଇଟ୍, ମଧ୍ୟପ୍ରଦେଶର ରାଜଗଡ଼ ଜିଲ୍ଲାର ଜାମଟା ଆ କୁନକୁରା ଅଞ୍ଚଳରେ biotite granite-gneisses ଏବଂ ବିହାରର ରାସ୍ତି ଜିଲ୍ଲାରେ Precambrian-gnite gnisses ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ।

### ଥୋରିୟମ୍ ଅନ୍ବେଷଣ—

କେରଳ ପ୍ରଦେଶର ନିନ୍ଦାକାସ-କାୟାମକୁଲମ୍ ଓ ଓଡ଼ିଶାର ଗଞ୍ଜାମ ଜିଲ୍ଲାର ଖେପୁର ବେଲାଭୂମିରେ ଇଲମେନାଇଟ୍, ମୋନାଜାଇଟ୍ ଓ ଅନ୍ୟ ଗୁରୁଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ କେତେ ପରିମାଣରେ ମହଜୁଦ୍ ଅଛି; ତାହାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି । ଓଡ଼ିଶାର ବରହମପୁର-ଠାରେ ଗୋଟିଏ ଫିଲ୍ଡ ପସ୍ତସାଗାର ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଛି ଓ ବେଲାଭୂମିରୁ ସମୃଦ୍ଧତ



ନିମ୍ନୋକ୍ତରେ ଦେଖି ପରିମାଣର ଗୁଣାଣିକ ପଦାର୍ଥ ଅଛି, ତାହାର ପରିମାଣ କିପରି ଅଛି । ଏହାକୁ ସମସ୍ତ କେମିଟ୍ରିର ଅବରୋଧ (Erosion) ଓ ଅଭିବୃଦ୍ଧି (Accretion)ର ମଧ୍ୟ ପରିମାଣ କରାଯାଇଛି ।

## ବେରିଲିୟମ ଓ କଲମ୍ବିୟମ-ଟାନଟାଲମ୍ ଅନ୍ୱେଷଣ—

ବିହାର, ଜେମ୍ମାନର ଅଭିବୃଦ୍ଧି, ଓଡ଼ିଶାର କିଛି ଅଂଶରେ, ମଞ୍ଜୁଶୂର, ଗୁଜରାଟ, ତାମିଲନାଡୁରେ ପେଗମାଟାଇଟ (Pegmatite)ରେ ବେରିଲ (Beryl) ଓ ଅନ୍ୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ସର୍ବୋତ୍ତମ ଗୁଣ ରହିଛି । ପୃଷ୍ଠିମସ୍ତକର କିଛି ଅଂଶ, ରାଜସ୍ଥାନ, ଜାମ୍ମୁ ଓ କାଶ୍ମୀର, ହିମାଚଳପ୍ରଦେଶ, ତାମିଲନାଡୁ ଓ ଆନ୍ଧ୍ରପ୍ରଦେଶରେ ସାଜନାଈଟ୍ କାରବୋନେଟାଇଟ ପଥରରେ କଲମ୍ବିୟମ-ଟାନଟାଲମ୍ ଥିବା ସମ୍ଭାବନା ମିଳିଛି । ଜାମ୍ମୁ ଓ କାଶ୍ମୀରର ତୋଡ଼ା ଜିଲ୍ଲାର ନାଶିବାଲଠାରେ ବାଲିରେ କଲମ୍ବିୟମ ଥିବାର ସୂଚନା ମିଳିଛି । ପୃଷ୍ଠିମସ୍ତକର ପୁରୁଲିଆଜିଲ୍ଲାର ଭବାନୀପୁର ଜିଲ୍ଲାରେ ଫେରୁଗିନିସ୍ କେଉଁଲିନିଟିକ ପଥର ପରିମାଣରୁ ଏଥିରେ 0.16-0.33%  $Ta_2O_5$  ଏବଂ 0.11-3.20%  $Nb_2O_5$  ଥିବାର ସୂଚନା ମିଳିଛି । ତାମିଲନାଡୁର ଉତ୍ତର ଆରକଟ ଜିଲ୍ଲାର ସେବାଟୁରରେ ସୁବନେନ ପାଇରେଲ୍ଲୋର ଥିବା କାରବୋନାଟାଇଟକୁ ଭୁଗର୍ଭରେ ଖଣି କରି ଆଣି ପରିମାଣ କରାଯାଇଛି ।

## ଆଣବିକ ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ସମୂହ

(Atomic Fuels)

CIRUS ଓ ZERLINA ନିମ୍ନ ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ଏକାମିଶ୍ରର ଉତ୍ପାଦନ BARCର ଆଣବିକ ଇନ୍ଦ୍ରିୟ ଉତ୍ପାଦନ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥଳ ଓ ଉତ୍ତର ଏକାମିଶ୍ର ଓ ଉତ୍ତର ଆଣବିକ ସମେତ ନିଉକ୍ଲିୟର ପାଉଁର ଉତ୍ପାଦନ ନିମ୍ନ ଉତ୍ପାଦନର ପ୍ରସ୍ତୁତି ଓ ଉତ୍ପାଦନ କାର୍ଯ୍ୟ ଏହି ବିଭାଗ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ ।

ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରୋଜେକ୍ଟର ପ୍ରଥମ ଯୁକ୍ତି ନିମ୍ନ ଆବଶ୍ୟକ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଇନ୍ଦ୍ରିୟର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ଉତ୍ପାଦନ ଏହି ବିଭାଗ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଛି ।

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁର ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁରର ଭବିଷ୍ୟତ

ଭାରତରେ ଯେଉଁସବୁ ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ର, ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି, ପୃଥିବୀର ଅନ୍ୟ ଦେଶ ତୁଳନାରେ ଏଗୁଡ଼ିକ ଆକାରରେ କ୍ଷୁଦ୍ର । କ୍ଷୁଦ୍ର ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପୃଷ୍ଠି ଲଗାଣ ଅଧିକ । ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ରର ଆକାର ଓ ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମତା ବୃଦ୍ଧିପ୍ରାପ୍ତ ହେଲେ ପୃଷ୍ଠିଲଗାଣ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । 600 ମେଗାୱାଟ CANDU—ଶ୍ରେଣୀର ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ର ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ଟରବୋ ଜେନେରେଟରର ଗୋଟିଏ ଓଜନ 280 ଟନ । କାଲଣ୍ଡିୟାର ବ୍ୟାସ 28 ଫୁଟ ଓ ଓଜନ 100 ଟନ । ଖଣ୍ଡ ଖଣ୍ଡ ନ କରି ଏଗୁଡ଼ିକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରାଯାଏ । ରେଳ ଓ ସଡ଼ିକ ପଥରେ ଏତେ ବଡ଼ ବଡ଼ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକୁ ବୋହୁ ନେବା-ପୁରାଧାନନ କୁହେଁ । ତେଣୁ ବଡ଼ ଧରଣର ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ଏହା ପ୍ରଧାନ ଅନ୍ତରାୟ ହୋଇଥାଏ । ଭବିଷ୍ୟତରେ ଏହାର ସମାଧାନ ଆବଶ୍ୟକ ।

ବଡ଼ ଧରଣର ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ରରୁ ବହୁ ପରିମାଣର ପାଠ୍ୟପୁର ଉତ୍ପାଦନ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଉପଯୋଗ ଅବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିବା ଗ୍ରୀଡ଼ଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ଵାରା ଅନ୍ଧଗିଳ୍ପ ପରିମାଣର ପାଠ୍ୟପୁର ଉପଯୋଗ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ତେଣୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ର ନିକଟରେ ନେତେଗୁଡ଼ିଏ ଶିଳ୍ପ-ସଂସ୍ଥା ସ୍ଥାପିତ ହେବା ଅବଶ୍ୟକ, ଯହିଁରେ ଏହି ଅନ୍ଧଗିଳ୍ପ ପାଠ୍ୟପୁର ଉପଯୋଗ ହୋଇପାରେ । କୂଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଓ ସୌରବ ଗାଙ୍ଗେୟ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳରେ କୃଷି ଭିତ୍ତିକ-ଶିଳ୍ପ ସମୂହ ସ୍ଥାପନ କରିବାଦ୍ଵାରା ଏହାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରିବ ।

ଭାରତରେ ପ୍ରଚୁର ପରିମାଣର ଥୋରିୟମ ମହଜୁଦ ଅଛି । ଏହି ଥୋରିୟମ U-233କୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇପାରେ । ଆଉ ଯେତେକ ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପିତ ହେବ ସେ-ଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରାକୃତିକ ସୁରାନିୟମରୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଓ ଥୋରିୟମରୁ U-233 ଉତ୍ପାଦିତ ହେବ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଉପଯୋଗ କରି ଡାକ୍, ପ୍ରଜନନ-ରିଆକ୍ଟର ଏବଂ ଥୋରିୟମ ଉପଯୋଗ କରି U-233 ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଗଳିତ ଲବଣପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟର (Molten Salt Breeder Reactor) ସ୍ଥାପନ କରିବା ଭବିଷ୍ୟତର ଲକ୍ଷ୍ୟ ଅଟେ । ଡାକ୍, ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟରରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଜଳିନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ଏବଂ ସୁରାନିୟମ୍ ଅଥବା ଥୋରିୟମ ଆବରଣୀ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏହି ଡାକ୍, ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟରର ଉନ୍ନୟନ ଯୋଜନାକୁ ଭାରତର ଆଶଙ୍କି ଶକ୍ତି କମିଶନ ଅଗ୍ରାଧିକାର ଦେଇଛନ୍ତି ।

କାଲପାକାମ୍ରେ ଏକ ଡାକ୍ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ସୋଡ଼ିୟମ-ଶୀତଳିତ ଡାକ୍, ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟରରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଉପଯୋଗ କରି ବହୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରି ହେବ କି ନାହିଁ, ତାହା ଏହି କାଲପାକାମ୍ରେ ଥିବା

ରିଆକ୍ଟରରୁ ଧାରଣା କରି ହେବ । ଏହି ରିଆକ୍ଟରରୁ ନିର୍ମିତ, ଉପକରଣ ସ୍ତମ୍ଭର ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଥିବା ଇନ୍ଦନର ପ୍ରତିସଂସାଧନ ଓ ପୁନଃପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଆନୁଷ୍ଠାନିକ ବୈଷୟିକ ଜ୍ଞାନ ଭବିଷ୍ୟତ ନିମିତ୍ତ ଆହରଣ କରାଯାଇପାରିବ । ବାଣିଜ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଡାକ୍ ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟର ବ୍ୟବହାର ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଏହି ଡାକ୍, ରିଆକ୍ଟରରେ ଇନ୍ଦନକୁ କିପରି ଉପଯୋଗ କରିହେବ ଏବଂ ପାରିପାଶ୍ଵିକ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଉପରେ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର କି ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିବ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ପ୍ରଥମେ ପରୀକ୍ଷା କରି ଦେଖାହେବ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ରିଆକ୍ଟରରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ବିକିରଣ ଇନ୍ଦନର ପ୍ରତି ସଂସାଧନ ଶୀଘ୍ର ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଅତି ତେଜସ୍ବିୟ ଇନ୍ଦନରେ ପ୍ରତି ସଂସାଧନ କିପରି ଶୀଘ୍ର ହୋଇପାରିବ, ସେ ବିଷୟରେ ଅନେକ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇ ନିମିତ୍ତ କାଲପାକାମ୍‌ରେ ସୁବିଧା ସୁଯୋଗ ଅଛି ।

ଡାକ୍ ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟରରେ ଥୋରିୟମକୁ U-233ରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ । ପରିବର୍ତ୍ତିତ ନିମିତ୍ତ ଏହା କିନ୍ତୁ ଉତ୍ତମ ପଦ୍ଧତି ନୁହେଁ । ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ଗଲିଜ ଲବଣ ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟରର ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ଆକର୍ଷଣୀୟ ଗୁଣ ଅଛି । ଏହି ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପନ ନିମିତ୍ତ ସ୍ବଳ୍ପ ପୁଞ୍ଜି ଲାଗଣ ଆବଶ୍ୟକ ଏବଂ କଲେଡ଼୍ୟାଟ ଆର୍ଡ଼୍‌ର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ପିଛା ଉତ୍ପାଦନ ବ୍ୟୟ ମଧ୍ୟ କମ୍ । ଆମେରିକାର ଓକ୍ ରିଜ୍ ଜାତୀୟ ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ ଏହି ପରିକଳ୍ପନା କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଛି । ପ୍ରଥମେ U-235 ଏବଂ ନିକଟ ଅତୀତରେ U-233 ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ବ୍ୟବହାରିକ ଜ୍ଞାନ ହୋଇଛି । ଭାରତରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ବ୍ୟବହାର ହେବା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରସ୍ତାବ ଅଛି; କିନ୍ତୁ ଏ ବିଷୟରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଜ୍ଞାନ ଆହରଣ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ରିଆକ୍ଟରରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଇନ୍ଦନ ରୂପେ ଓ ଥୋରିୟମ ଉତ୍ସର ପଦାର୍ଥ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ, ତେବେ କିଛି ବର୍ଷ ପରେ ଆଉ ଅତିରିକ୍ତ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ନାହିଁ; କାରଣ ରିଆକ୍ଟର ଅତ୍ୟଧିକ U-233 ଉତ୍ପାଦନ କରିବ ଏବଂ ସଂଜ୍ଞାନୁସାରେ ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟର ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ।

ଏହି ପରିକଳ୍ପନାକୁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଭାରତ ଆଣବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ରରେ ଗବେଷଣା ଚାଲିଛି । ସାରଣୀ 10ରେ ଶୁଣ ପ୍ରକାର ପାଉଁଶ ରିଆକ୍ଟରର ଏକ ଉଲ୍ଲାନାମା ବିଶ୍ଳେଷଣ ପ୍ରଦତ୍ତ ହୋଇଛି ।

## ସାରଣୀ—10

ବିଭିନ୍ନ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଉଲ୍ଲାନାୟକ ବିଶେଷଣ

	ସାକ୍ଷାତ		ସାକ୍ଷାତ		ପ୍ରାପ୍ତ ପ୍ରଜନନ		ଗଣିତ ଲବଣ	
	ରୂପାୟ		ଫୁଟିନା ଜଳ		ସୋଡ଼ିୟମ ଗୀତଳୀତ ଅନୁସାରେ କରନ		ପ୍ରଜନନ	
ଆକାର-ମେଗାୱାଟ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି/ସୁନିତ	600	1000	600	1000	600	1000	600	1000
ପୃଷ୍ଠ ଟଙ୍କାରେ/ କଲେକ୍ଟିଭିଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ପ୍ରତି	2020	1760	1765	1530	1800	1540	1665	1400
ଉପାଦାନ ବ୍ୟୟ ପ୍ରତି ପଦ୍ଧତିରେ/ କଲେକ୍ଟିଭିଟି ଆଡ଼ିଆର ପ୍ରତି	3.59	3.18	3.28	2.88	3.25	3.86	2.85	2.46
ପୁନର୍ଗଠନ କରନ ପ୍ରତି	ଭାର ଉପରେ		ଭାର ଉପରେ		ପ୍ରତି 3/6 ମାସରେ		ଭାର ଉପରେ	
	ନିର୍ଭର କରେ		ନିର୍ଭର କରେ				ନିର୍ଭର କରେ	

ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ରମାଣର ପୂର୍ଣ୍ଣଚୌକିୟତା ଉପାଦାନ ହେବାପରେ ଉନ୍ନତ ଧରଣର ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସ୍ଥାପିତ ହେବ ଏବଂ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଯୋଜନା ସମ୍ପ୍ରସାରିତ ହେବ ।

## ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଗୁଳିତ କୃଷି ଭିତ୍ତିକ-ଶିଳ୍ପ ସମୂହ— (Nuclear-Powered Agro-Industrial Complex)

ପୃଥିବୀରେ ପ୍ରଧାନତଃ ଭାରତରେ ଜନସଂଖ୍ୟା ବଢ଼ି ଚାଲିଛି । ଜନସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧି ସହ ଖାଦ୍ୟ ଉପାଦାନରେ ଅନୁରୂପ ବୃଦ୍ଧି ହେଉନାହିଁ । ତେଣୁ ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥର ଉଚ୍ଚ ଅଭାବ ପଡ଼ୁଛି । ଭାରତରେ ସ୍ୱଳ୍ପ ପରିମାଣର ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥ ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ । ଏହାର କାରଣ

ହେଲା ଜଳସେଚନର ଅଭାବ ଓ ଖୁବ କମ ସାର ଉପଯୋଗ । ଭାରତରେ କୃଷି ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ଜନସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧି ସହ ଖାଦ୍ୟର ଉଚ୍ଚ ଅଭାବ ଦେଖାଦିଏ । 1968-69ରେ ଅନ୍ତରାଷ୍ଟ୍ରୀୟ ଖାଦ୍ୟ ଶୁଦ୍ଧି ମେଣ୍ଟାଇବା ପାଇଁ 9.4 କୋଟି ଟନ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ସ୍ଥଳେ 1975-76ରେ 13.1 କୋଟି ଟନ ଆବଶ୍ୟକ ହେବା ବୋଲି ଅଟକଳି କରାଯାଇଛି । ଏହି ଖାଦ୍ୟ ସମସ୍ୟା କେବଳ ଉନ୍ନତ ଧରଣର କୃଷି ଓ ବାଲୁ ଉପଯୋଗ କରି କରାଯାଇପାରେ ।

ସବୁଜ ବିପ୍ଳବରେ ଅଗ୍ରଗତି କରିବା ନିମିତ୍ତ ରାସାୟନିକ ସାର ଉପାଦାନରେ ଆମ ନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଭାରତରେ ହେକ୍ଟାର ପିଛା ଯାହା ରାସାୟନିକ ସାର ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ ତାହା ପୃଥିବୀର ହାରାହାରି ସାର ଉପଯୋଗର ଶତକଡ଼ା 23 ଭାଗ । ତେଣୁ ଖାଦ୍ୟ ଉପାଦାନରେ ବୃଦ୍ଧି ନିମିତ୍ତ ରାସାୟନିକ ସାର ଶିଳ୍ପର ସଂପ୍ରସାରଣ ଆବଶ୍ୟକ । ଆସନ୍ତା 5 ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଓ ଫସଫେଟ ରାସାୟନିକ ସାରରେ ଆମ ନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବା ନିମିତ୍ତ 490 କୋଟି ଟଙ୍କା ବୈଦେଶିକ ମୁଦ୍ରା ସହ 1300 କୋଟି ଟଙ୍କାର ପୁଞ୍ଜି ଲାଗଣ ଆବଶ୍ୟକ ।

ଭାରତରେ ମୌସୁମିକାୟୁ ପ୍ରବାହ ଦ୍ଵାରା ପ୍ରଚୁର ପରିମାଣରେ ଜଳ ମିଳିଥାଏ । ତଥାପି କେତେକ ଅଞ୍ଚଳରେ ବୃଷ୍ଟିପାତର ଅନୁଚିତତା ଥିବାରୁ ମୁଖ୍ୟତଃ ଏହି ଅଞ୍ଚଳରେ ଦୁର୍ଭିକ୍ଷ ଦେଖା ଦେଇଥାଏ । ଏହି ଦୁର୍ଭିକ୍ଷ ଅଞ୍ଚଳରେ ଅନାବୃଷ୍ଟି ବା ମଧ୍ୟ ଧରଣର ବୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଜଳସେଚନର କୌଣସି ସୁବିଧା ନ ଥାଏ । ତେଣୁ ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଦୁର୍ଭିକ୍ଷକୁ ଏଡ଼ାଇବାକୁ ହେଲେ ଭୂପୃଷ୍ଠ ବା ଭୂନିମ୍ନର ଜଳକୁ ଉପଯୋଗ କରି ଜଳସେଚନ କରାଯାଇପାରେ ।

କୃଷିନାମାୟ ଉପାଦାନ ବୃଦ୍ଧିରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁର ସହାୟକ ହୋଇଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ କରିବାରେ ବିଶେଷ କଟକଣା ନ ଥାଏ । ତେଣୁ ଯେଉଁଠାରେ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ସେହିଠାରେ ମଧ୍ୟ ଏହି କେନ୍ଦ୍ରକୁ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇପାରେ । ତେଣୁ ତାର ଦ୍ଵାରା ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ପ୍ରେରଣ ଶକ୍ତ ହୋଇପାରେ । ବ୍ୟୟ ଅଟକଳରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ବଡ଼ ଆକାରର ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ଷ୍ଟ୍ରୋକାର ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ ଅପେକ୍ଷା ସ୍ଥଳ ବ୍ୟୟ ହୋଇଥାଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ବଡ଼ ଆକାରର ପାଠ୍ୟପୁର କେନ୍ଦ୍ରରୁ ବହୁ ପାଠ୍ୟପୁର ମିଳିଥାଏ, ଯାହାର ଉପଯୋଗ ଭାରତର ଷ୍ଟ୍ରୋକାର ଷ୍ଟ୍ରୋକାର

କ୍ରିଡ଼ ଦ୍ଵାରା ସମ୍ଭବ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ତେଣୁ ପାଠ୍ୟପାଠ କେନ୍ଦ୍ର ନିକଟରେ ପାଠ୍ୟପାଠ ଉପଯୋଗ କରିବାପାଇଁ ଶିଳ୍ପସଂସ୍ଥାନ ସ୍ଥାପନ କରିବା ଦ୍ଵାରା ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରେ ।

ପ୍ରତି ଯୁକ୍ତି ପିତ୍ର ପାଠ୍ୟପାଠ ମୂଲ୍ୟ ହ୍ରାସ ହେଲେ ଆଲୁମିନିୟମ—ଖାରଯୋଡ଼ା ଶିଳ୍ପ ଅଧିକ ଉପକୃତ ହେବେ । ଏହାବ୍ୟତୀତ ସ୍ଫଳ ବ୍ୟୟରେ ମିଳୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତିକୁ ଉପଯୋଗ କରି ଜଳର ନିର୍ଲବଣୀକରଣ ହୋଇପାରେ । ନଳକୂପରୁ ଜଳ ଉତ୍ତେଜନ କରି ଜଳସେଚନ ନିମିତ୍ତ ଜଳଯୋଗାଣ ହୋଇପାରେ । ନିର୍ଲବଣୀକରଣ ପରେ ପରିଷ୍କାର ଥିବା ଲବଣଯୁକ୍ତ ଜଳରୁ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଉପକାତ ଦ୍ରବ୍ୟ ମିଳିଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲେ ସାଧାରଣ ଲବଣ, ଜିପସମ୍, ବ୍ରୋମିନ୍, ମ୍ୟାଗନେସିୟମ୍ ଏବଂ ପଟାସ ରସାୟନିକ ସାର ।

କୃଷି ଭିତ୍ତିକ ଶିଳ୍ପରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଠ୍ୟପାଠ ଉପଯୋଗ ହେବାର ପରିଚାଳନାର ପ୍ରାଧିକାରୀ ଉପଲବ୍ଧ କରି ଭାରତର ଆଗବିକ ଶକ୍ତି କମିଶନ ଭାବା ଆଗବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର (ଟ୍ରମ୍ପେ)ର କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓ ଇଞ୍ଜିନିୟରମାନଙ୍କୁ ନେଇ ଏକ ଅନୁଧ୍ୟାନକାଣ୍ଡ ଘଳ ଗଠନ କରିଛନ୍ତି । ଏହି କମିଟି ଭାରତର ଦୁଇଟି ଅଞ୍ଚଳରେ ଯଥା ଉତ୍ତର ପଶ୍ଚିମରେ କୁଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଓ ପଶ୍ଚିମରେ ଉତ୍ତରପ୍ରଦେଶର ସୈନ୍ଧବ-ଗାନ୍ଧୋୟ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳରେ ଅନୁଧ୍ୟାନ କାର୍ଯ୍ୟ ଶେଷ କରିଛନ୍ତି ।

## କୁଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳ :—

କୁଚ ଓ ଉତ୍ତରପଶ୍ଚିମ ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଶୁଷ୍କ ଅଞ୍ଚଳ ଅଟେ । ଉକ୍ତି ଜଳାଭାବ ହେତୁ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତି ଅବଲମ୍ବନ କରି ଜଳସେଚନ କରିବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇପଡ଼େ । କିନ୍ତୁ ନିର୍ଲବଣୀକରଣ ପରେ ଏହି ଜଳକୁ ଏ ଅଞ୍ଚଳର କୃଷି କାର୍ଯ୍ୟରେ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଅନୁଧ୍ୟାନକାଣ୍ଡ ଘଳ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ପ୍ରଧାନ ପ୍ରଧାନ ଯୁକ୍ତି ସ୍ଥାପନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ସୁପାରିଶ କରିଛନ୍ତି ।

(1) ଦ୍ରବ୍ୟ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ପ୍ରାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ ।

(i) ନିଉକ୍ଲିୟାର ଓ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରାଣ୍ଟ ।

(ii) ନିର୍ଲବଣୀକରଣ ପ୍ରାଣ୍ଟ ।

(2) ରସାୟନିକ ସାର ପ୍ରାଣ୍ଟ

(i) ଶୁଷ୍କ (Anhydrous) ଆମୋନିଆ

- (ii) ଆମୋନିୟମ ନାଇଟ୍ରେଟ୍  
(iii) ତାଈଆମୋନିୟମ ଫସଫେଟ୍

(3) ଆଲୁମିନିୟମ ପ୍ଲାଷ୍ଟ (ଆଲୁମିନିୟମ ଉପକରଣ ଉତ୍ପାଦନ ନମିତ୍ତ)

(4) କଷ୍ଟ କ-କ୍ଲୋରିନ ପ୍ଲାଷ୍ଟ (ହାଇଡ୍ରୋକ୍ଲୋରିକ ଏସିଡ୍ରେ ଶାରସୋଡ଼ା ଉତ୍ପାଦନ ନମିତ୍ତ)

(5) ସାମୁଦ୍ରିକ ରସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ (ସାଧାରଣ ଲବଣ, ଜିପସମ୍) ପ୍ରାପ୍ତି ନମିତ୍ତ ପ୍ଲାଷ୍ଟ ସ୍ଥାପନ

(6) କୃଷି ଫାର୍ମ ଯେଉଁଠି ନିର୍ଲବଣୀକୃତ ଜଳ, ଜଳସେଚନରେ ଉପଯୋଗ ହୋଇପାରିବ ।

ଶିଳ୍ପ ବ୍ଳକ୍ରେ ପୃଷ୍ଠିଲିଖାଣ କେତେ ହେବ ତାହାର ଏକ ଅଟକଳ ହୋଇଛି ।

ସାରାଣୀ—11

## କୁଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳ

### ପୃଷ୍ଠି ଲିଖାଣ

ପ୍ଲାଷ୍ଟ	ଉତ୍ପାଦନ ଉପକରଣ	କୋଟି ଟଙ୍କା	
		ବୈଦେଶିକ ବନିମୟ ମୁଦ୍ରା	ମୋଟ
ଦ୍ୱି-ବିଧିଭେଦୀ	1200 ମେଗାଓର୍ଡ଼ାଟ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି 15 କୋଟି ଗ୍ୟାଲନ ଜଳ/ଦୈନିକ }	750.6	37.4
ବିଭିନ୍ନ ରସାୟନିକ ସାର	5330 ମେଟ୍ରିକ୍‌ଟନ/ଦୈନିକ	49.24	18.012
ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ଲାଷ୍ଟ	150 ମେଟ୍ରିକ୍‌ଟନ/ଦୈନିକ	17.494	38.687
ମୋଟ ଶିଳ୍ପବ୍ଳକ୍ ନମିତ୍ତ		142.334	598.207

ଶିଳ୍ପବ୍ଳକ୍ ନମିତ୍ତ ମୋଟ ପୃଷ୍ଠିଲିଖାଣ ପ୍ରାୟ 600 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଆୟ ପ୍ରାୟ 71 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ ।

ସାରଣୀ—12**କୃଷି-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳ**

**ସୌକନ୍ୟର କୃଷି ଅର୍ଥନୀତି (Agricultural Economics of the Project)**  
**ନିଉକଲିସ୍‌ସ୍‌ ଅଞ୍ଚଳ**

ତ୍ରିପାଲ ଫସଲ (Tripale Cropping)	9,200 ହେକଟାର
ଏକ ଫସଲ (Single Cropping)	38,400 ହେକଟାର
<u>କୃଷି ଉତ୍ପାଦନ</u>	
ଶଙ୍କର ମକା (Hybrid maize)	192,000 ଟନ
ଆଳୁ	390,000 ଟନ
ଚନାବାଦାମ	46,000 ଟନ
<u>ରାସାୟନିକ ସାର ଉତ୍ପାଦନ</u>	
ଉତ୍ପାଦନ	447,000 ଟନ
ଫସଲର ସଂରକ୍ଷଣ	331,000 ଟନ
<u>ଏହି ସୌକନ୍ୟର ରାସାୟନିକ ସାର ଉତ୍ପାଦନ</u>	
ଉତ୍ପାଦନ	3,900 ଟନ
ଫସଲର ସଂରକ୍ଷଣ	3,100 ଟନ

ନିଉକଲିସ୍‌ସ୍‌ସ୍‌ ପରେ ନିଉକଲିସ୍‌ସ୍‌ସ୍‌ରେ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଇ 600,000 ଟନ ଅତିରିକ୍ତ ଖାଦ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଇପାରିବ ଏବଂ ଏହା ପ୍ରାୟ ଏକ ନିୟୁତ ଲୋକଙ୍କର ଖାଦ୍ୟ ରକ୍ଷିତା ମେଣ୍ଟାଇପାରିବ । ଏହି କୃଷି ବିଭାଗର ଆୟ ପ୍ରାୟ 14 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ ।

**ପଶୁମ ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରଦେଶ ଅଞ୍ଚଳ—**

ଭୁବନେଶ୍ୱର ନିଉକଲିସ୍‌ସ୍‌ସ୍‌ କରବା ନିମିତ୍ତ ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରଦେଶର ମୃତ୍ତିକା ଖୁବ୍ ଉପଯୁକ୍ତ । ସମସ୍ତ କୃଷି ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଏହି ଉତ୍ପାଦନରୁ ପ୍ରାୟ ୩୦ ଲକ୍ଷ ହେକଟାର କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଉଛି । ଏହି ଅଞ୍ଚଳରେ ନିଉକଲିସ୍‌ସ୍‌ ସ୍ଥାପନ କରି ଅଗ୍ରଣୀ ଓ ଗୋରୁ ଖାଲୁଆ ଅଞ୍ଚଳରୁ ନିଉକଲିସ୍‌ସ୍‌ କରାଯାଉଛି । ପଶୁମ ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରଦେଶର ମିରଟ୍ ଆଗା ଓ ରୋହିଲ-ଖଣ୍ଡର 7.7 କୋଟି ହେକଟାର ଅଞ୍ଚଳ ନେଇ ଏହି କୃଷି-ଖିଲ ଅଞ୍ଚଳ ଗଠିତ ।



କୁଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳ ଭଳି ଏହି ଯୋଜନାରେ ଦୁଇଟି ବ୍ଲକ ରହିବ—କୃଷି ବ୍ଲକ୍ ଓ ଶିଳ୍ପ ବ୍ଲକ । 1.5 ନିୟୁତ ହେକଟାର ଜମି କମି ଏହି କୃଷି ବ୍ଲକରେ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ।

ଶିଳ୍ପ ବ୍ଲକର ପ୍ରଧାନ କାର୍ଯ୍ୟ ହେଲା କୃଷି ଯୋଜନା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ସାମଗ୍ରିକ ସାର ଯୋଗାଇବା ଓ ନଳକୂପ ଚଳାଇବା ନିମିତ୍ତ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବା । ଶିଳ୍ପ ବ୍ଲକର ପ୍ରଧାନ ସୁନିର୍ମିତ ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା—

(1) ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଉଁର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ।

(2) ସାମଗ୍ରିକ ସାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ।

(i) ଶୁଷ୍କ ଆମୋନିଆ

(ii) ଆମୋନିୟମ ନାଇଟ୍ରେଟ୍

(iii) ତାଜଆମୋନିୟମ ଫସଫେଟ୍

(3) ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (ବକସାଇଟରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ସୁନିର୍ମିତ ସମେତ)

ଦୁଇଟି 600 ମେଗାୱାଟ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କଲାଗଲା CANDU ଶ୍ରେଣୀର ରିଆକ୍ଟର ନେଇ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଉଁର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଗଠିତ । ଏଥିରୁ ସର୍ବୋତ୍ତମ ଶକ୍ତି ସାମଗ୍ରିକ ସାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ, ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଓ ନଳକୂପ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଇପାରିବ ।

ବାର୍ଷିକ 372,174 ଟନ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଓ 206,250 ଟନ ଫସଫେଟ୍ ପେଣ୍ଟାକ୍ସାଇଡ୍ ସାମଗ୍ରିକ ସାର ଉତ୍ପାଦନ ହେବାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି । ସାମଗ୍ରିକ ସାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ପରିଚାଳନା ନିମିତ୍ତ 775 ମେଗାୱାଟ୍ ଓ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ନିମିତ୍ତ 125 ମେଗାୱାଟ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହେବ । ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ବାର୍ଷିକ 50,000 ମେଟ୍ରିକ ଟନ ଉତ୍ପାଦନ କରିବାର ସମ୍ଭାବନା ରହିବ । ଅବଶିଷ୍ଟ 300 ମେଗାୱାଟ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ପ୍ରସ୍ତାବିତ ନଳକୂପ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ଉପଯୋଗ କରାହେବ ।

## ସାରାଂଶୀ—13

## ପଶ୍ଚିମ ଯୌତବ-ଗାଙ୍ଗେୟ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳ

ପୃଷ୍ଠି ଲଗାଣ

ପ୍ରାଣୀ	ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମତା	କୋଟି ଟଙ୍କା	
		କୃଷି ଦେଖିକ ମୂଲ୍ୟ	ମୋଟ
ନିଉକ୍ଲିୟାର ଆଲୁମିନିୟମ	1200 ମେଟ୍ରାଓଫାଟ	31.600	158.000
ଓ ବହୁତ ପ୍ରାଣୀ	(ବହୁତଗୁଣ୍ଠ)	13.400	67.000
ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀର ସାର	4475 ମେଟ୍ରାଓଫାଟ/ଦୈନିକ	44.911	166.283
ଆଲୁମିନିୟମ ପ୍ରାଣୀ	150 ମେଟ୍ରାଓଫାଟ/ଦୈନିକ	17.494	38.687

ମୋଟ ଶିଳ୍ପରୁ ନିର୍ମିତ 107.405 429.970

ଏହି ପଶ୍ଚିମ ଯୌତବ-ଗାଙ୍ଗେୟ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳରେ ପୃଷ୍ଠି ଲଗାଣ ପ୍ରାୟ 430 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ । ଶିଳ୍ପ ବିଭାଗରୁ କେବଳ 57 କୋଟି ଟଙ୍କା ଆୟ ହେବାର ଅଟେ କିନ୍ତୁ ।

## ସାରାଂଶୀ—14

## ପଶ୍ଚିମ ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶ

ସାଧାରଣ କୃଷି ଅର୍ଥମନ୍ତ୍ରାଳୟ ।

ପ୍ରସ୍ତାବିତ ଜଳସେଚିତ ଅଞ୍ଚଳ	1.5 ନିୟୁତ ହେକ୍ଟାର
ନଳକୂପ ସଂଖ୍ୟା	25,800
a) ଅଗଭୀର	12,950
b) ଗଭୀର	12,850
ଅତିରିକ୍ତ ବାର୍ଷିକ କୃଷି ଉତ୍ପାଦନ	2.282 କୋଟି ଟନ

କୃଷିରୁ ବାର୍ଷିକ ନଟ୍ ଆୟ

a) ଯାଦୃକ ଶୁଷ୍କପ୍ରଣାଳୀରେ

721.5 କୋଟି ଟଙ୍କା

b) ପ୍ରଚଳିତ ଶୁଷ୍କପ୍ରଣାଳୀରେ

640.6 କୋଟି ଟଙ୍କା

ବାର୍ଷିକ ଶ୍ରେଣୀର ସାରର ଆବଶ୍ୟକତା

643,905 ମେଟ୍ରାଓଫାଟ ଟନ

କୃଷିରେ ପୃଷ୍ଠି ଲଗାଣ—

a) ଯାଦୃକ ଶୁଷ୍କପ୍ରଣାଳୀ

726.79 କୋଟି ଟଙ୍କା

b) ପ୍ରଚଳିତ ଶୁଷ୍କପ୍ରଣାଳୀ

662.29 କୋଟି ଟଙ୍କା

ବାର୍ଷିକ ନଟ୍ ଆୟ—

a) ଯାଦୃକ ଶୁଷ୍କ ପ୍ରଣାଳୀରେ

4,810 ଟଙ୍କା/ହେକ୍ଟାର ପିଛା

b) ପ୍ରଚଳିତ ଶୁଷ୍କପ୍ରଣାଳୀରେ

4,271 ଟଙ୍କା/ହେକ୍ଟାର ପିଛା

ପ୍ରସାବିତ 1.5 ନିୟୁତ ହେକଟାର ଜମିରେ ଚିନିଗୁଣା ଫସଲ ଆମଦାନୀ ନିମିତ୍ତ ଏବଂ ଚିନିଟି ଫସଲ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବାର୍ଷିକ 1680 କୋଟି ଘନମିଟର ଜଳ ଆବଶ୍ୟକ । ମୋଟ ରାସାୟନିକ ସାରରୁ ବାର୍ଷିକ 331, 98୨ ଟନ ଯବସାରଜାନ, 165,615 ଟନ ଫସଫରସ ପେଣ୍ଟକସାଇଟ ଏବଂ 146268 ଟନ  $k_2O$  ଆବଶ୍ୟକ ହେବ । ରାସାୟନିକ ସାର କାରଖାନାରୁ ଯବସାରଜାନ ଓ  $p_{205}$  ମିଳିପାରିବ କିନ୍ତୁ  $k_{20}$ କୁ ବିଦେଶରୁ ଆମଦାନୀ କରିବାକୁ ପଡ଼ିବ । କୃଷି କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରଚଳିତ ଗୃଷ୍ମ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଶତକଡ଼ା 97.2 ଏବଂ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଗୃଷ୍ମପ୍ରଣାଳୀରେ ଶତକଡ଼ା 128.3 ଟଙ୍କା ଆୟ ହେବ ।

ବାର୍ଷିକ କୃଷି ଦ୍ରବ୍ୟର ଉତ୍ପାଦନ 3'598 କୋଟି ଟନ ହେବ । ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଶସ୍ୟ ଜାତୀୟ ଖାଦ୍ୟ 9.60 ନିୟୁତ ଟନ, ଡାଲିଜାତୀୟ 2.01 ନିୟୁତ ଟନ, ତୈଳସଜ୍ଜ 0.45 ନିୟୁତ ଟନ, ଆଖୁ 21.6 ନିୟୁତ ଟନ, ଆଳୁ 2.3 ନିୟୁତ ଟନ ହେବ । 1966-67 ଆମଦାନୀ ଅନୁଯାୟୀ ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ଯେ ଅତିରିକ୍ତ ଶସ୍ୟ ଜାତୀୟ ଖାଦ୍ୟ 7.77 ନିୟୁତ ଟନ, ଡାଲିଜାତୀୟ 1.66 ନିୟୁତ ଟନ ଏବଂ ତୈଳସଜ୍ଜ 0.346 ନିୟୁତ ଟନ ଆଖୁ, 11 17 ନିୟୁତ ଟନ ଏବଂ ଆଳୁ 182 ନିୟୁତ ଟନ ଆମଦାନୀ ହେବ । ଏହି ଅତିରିକ୍ତ ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥ 3 କୋଟି ଲୋକଙ୍କର ଖାଦ୍ୟ ଗୁଡ଼ିକ ମେଣ୍ଟାଇ ପାରିବ ।

ଏହି ଯୋଜନାର ପ୍ରସ୍ତୁତି ଓ ପରିଚାଳନା ସମୟରେ କେତେକ ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ପଡ଼େ । କେତେକ ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ଉପକରଣର ଓଜନ ଓ ଆକୃତି ଏତେ ବଡ଼ ଯେ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ରେଳ ବା ସଡ଼କ ପଥରେ ନେବା ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ । କୃତ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳରେ ପରିବହନ ବ୍ୟୟ 67.5 କୋଟି ଏବଂ ସୈନ୍ଧବ ଗାଙ୍ଗେସ୍ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳରେ 112 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ କୃଷିଜାତ ଦ୍ରବ୍ୟ ଗୁଡ଼ିକର ସଂରକ୍ଷଣରେ କୃତ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳରେ 15 କୋଟି ଓ ପଶ୍ଚିମ ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶ ସମତଳ ଭୂମିରେ 69 କୋଟି ଟଙ୍କା ବ୍ୟୟ ହେବାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ।

## ଶାନ୍ତି ପାଇଁ ବୋମା ତିଆରି (The Peace Bomb)

200 ମିଟର ଓସାର, 30 ମିଟର ଗଭୀର, 80 କିଲୋମିଟର ଲମ୍ବ ଗୋଟିଏ ନାଲି ସାମାନ୍ୟ ପାହାଡ଼ିଆ ଅଞ୍ଚଳରେ ଯଦି ପ୍ରଚଳିତ ରାସାୟନିକ ଉନାମାଇଟ ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ଵାରା ଖୋଦନ କରାଯାଏ, ତେବେ ବ୍ୟୟ ପ୍ରାୟ 3,000 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ । କିନ୍ତୁ

ଭୂମିରେ ନେତେଗୁଡ଼ିଏ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ଵାରା ଯଦି ଏହି ଖୋଦନ କାର୍ଯ୍ୟ କରା ହୁଏ, ତେବେ ପ୍ରାୟ 300 କୋଟି ଟଙ୍କା ବ୍ୟୟ ହେବ । 10 କୋଟି ଘନମିଟର ମାଟି ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ଵାରା ଖୋଦିତ ହେଲେ ବ୍ୟୟ ପ୍ରାୟ 5 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତି ଦ୍ଵାରା ଏହି ବ୍ୟୟ 10 ଗୁଣ ବଢ଼ିଯିବ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବୋମାର ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ସହ ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯଦି ଡିନାମାଇଟ୍ ବିସ୍ଫୋରଣ ଶକ୍ତି ଟନ TNT ପ୍ରତି 5,000 ଟଙ୍କା ହୁଏ ତେବେ 10 କିଲୋଟନ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବୋମା ପ୍ରୟୋଗରେ ବ୍ୟୟ ଏହାର 1/10 ଭାଗ ହେବ । ଯଦି 100 କିଲୋଟନ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବୋମା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ତେବେ ବ୍ୟୟ 1/100 ଭାଗ ହେବ । ଯଦି ମେଗାଟନ ବୋମା ବ୍ୟବହାର ହେବ ତେବେ ଖର୍ଚ୍ଚ ଟନ ପିଛା ମାତ୍ର 5 ଟଙ୍କା ହେବ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଦୁଇ ମିଟର ବ୍ୟାସରୁ କମ ଏକ ଗର୍ଭରେ ଏହି ମେଗାଟନ ବୋମା ରଖାଯାଇ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇବା ପାରିବ । କିନ୍ତୁ ଏଥିନିମନ୍ତ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତିରେ 500,000 ଘନମିଟର ସ୍ଥାନ ଆବଶ୍ୟକ ।

ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ବା ଜଳ ନିମ୍ନରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟିଲେ ତେଜସ୍ବିୟତା ଜନିତ ବିପଦ ଖୁବ୍ ବେଶୀ ଦେଖା ଦେଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଭୂମିମ୍ଭାଗରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟିଲେ ତେଜସ୍ବିୟତା ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥାଏ ।

## ଆଧାରିତ ବିସ୍ଫୋରଣ (Contained Explosion)—

ଭୂଗର୍ଭରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ଗହ୍ଵର ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରେ । ଏପରିକି ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଏହି ଗହ୍ଵରର ସହ ମଧ୍ୟ ଉପଲବ୍ଧ କରି ହେବ ନାହିଁ । ଭୂଗର୍ଭରେ ଏହି ଗହ୍ଵର ନିକଟରେ କାଁ ଭାଁ କେଉଁଠି କେମିତି ଯଦି ତେଲ ବା ଖ୍ୟାସ ଥାଏ ତେବେ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଏଗୁଡ଼ିକ ଏହି ଗହ୍ଵର ମଧ୍ୟରେ ଆସି ଜମା ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଏହି ଗହ୍ଵରରୁ ଖ୍ୟାସ ବା ତେଲ ସ୍ଫୁଲ୍ଭ ବ୍ୟୟରେ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଆଣି ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଭୂଗର୍ଭରେ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ଫଳାନ କରିବରେ ଏହା ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଏହି ଗହ୍ଵରରେ ଶିଳ୍ପକାରଖାନାର ଯନ୍ତ୍ରପାତି ମଜଲି ଆବର୍ଜନା ସ୍ବାସ୍ଥ୍ୟପକ୍ଷରେ ଉଚିତକାରକ ପୋତି ଦିଆଯାଇପାରିବ ।

ଗୁଜରାଟ ଓ ଆସାମରେ ଭୂନିମ୍ନ ପେଟ୍ରୋଲିୟମ୍ ତୈଳାଶୟ ମାନଙ୍କରୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ଵାରା ଗହୁର ସୃଷ୍ଟି କରି ତୈଳ ସଂଗ୍ରହ ହୋଇପାରେ । ଏହାର ବ୍ୟୟ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତି ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରାୟ ଛ ଭାଗରୁ ଏକ ଭାଗ ହେବ ।

ଗ୍ରାନାଇଟ୍ ଶିଳାତଳ ବିସ୍ଫୋରଣରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଏକ କିଲୋଟନ୍ ବୋମା ପ୍ରାୟ 400,000 ଟନ୍ ଶିଳାକୁ ଭାଙ୍ଗି ଦେଇପାରେ ଏହାର ଭୂକମ୍ପ ତରଙ୍ଗ 70 ମିଟର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉପଲବ୍ଧ କରିହେବ ଏବଂ 150 ମିଟର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଶିଳାତ୍ୟାନ୍ତ ଘଟିବ ।

ଏହାଛଡ଼ା ରାଜସ୍ଥାନର ଖେନ୍ଦୀ, ମାଧାନ-କୁଧାନ, କୋଲହାନ ଆକର୍ଷ୍ଟ୍ଵାଲି, ଭାବେ ଏବଂ ବିହାରପ୍ରଦେଶର ଘାଟଶୀଲା, ରାଲକା, ରୋମ ସିନ୍ଧେଶ୍ଵର, ରମଚନ୍ଦ୍ରପାହାଡ଼ ଏବଂ ଆନ୍ଧ୍ରପ୍ରଦେଶର ଆଗନଗୁଣ୍ଡାଲ ବେଲୀମଘାଲି, ମେଲାରୁମଠାରେ ବହୁପରିମାଣର ନିମ୍ନଶ୍ରେଣୀର (Low Grade) ଧାତବ ପିଣ୍ଡ (Ore) ମହଜୁଦ ଅଛି । ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ବହୁ ଗଭୀରତାରେ ମିଳିପାରିବ । ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତିରେ ଖଣିତ ପଦାର୍ଥ ପାଇବା ବ୍ୟବସାୟେକ୍ଷ, କିନ୍ତୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ଵାରା ତାହା ଖୁବ୍ କମ୍ ବ୍ୟୟରେ କରିହେବ ।

## ବିସ୍ଫୋରଣର ବାହ୍ୟ ପ୍ରଭାବ (External Effect of Explosion)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣର ଅନ୍ୟ ଏକ ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ ହେଲା ଭୃଷ୍ଟକୁ ଖୋଦନ କରିବା । ଏହାଦ୍ଵାରା ପୋତାଗ୍ରସ୍ତ, ଶିଳାପୁର୍ଣ୍ଣ ବନ୍ଧ, ବଡ଼ ବଡ଼ ଜଳାଶୟ, ପାହାଡ଼ିଆ ଅଞ୍ଚଳରେ ରାଜପଥ ଓ ରେଳପଥ ନିର୍ମାଣ ଏବଂ ନଦୀ ମଧ୍ୟରେ କେନାଲ ଖନନ କରାଯାଇପାରିବ । ବନ୍ୟା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ନିମିତ୍ତ ମଧ୍ୟ ଖନନ କାର୍ଯ୍ୟ ହୋଇପାରେ ।

ରାଜସ୍ଥାନ ଓ ଗୁଜରାଟର ଅଧିକାଂଶ ଅଞ୍ଚଳ ଜଳଶୂନ୍ୟ ଅଟେ । ଭୂନିମ୍ନରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ବିରାଟ ଗହୁର ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରିବ । ଭୂନିମ୍ନର ଜଳ ଏହି ଗହୁରରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହେଲେ ଏହା ଏକ ବିରାଟ ଜଳାଶୟରେ ପରିଣତ ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଜଳକୁ ଉପଯୋଗ କରି ନାନାଦି କାର୍ଯ୍ୟ କରିହେବ ।

ମୌସୁମି ବାୟୁ ପ୍ରବାହ ସମୟରେ ଅଧିକାଂଶ ଗଙ୍ଗାଜଳ ବଙ୍ଗୋପସାଗର ମଧ୍ୟକୁ ଯିବାବେଳେ ଗଙ୍ଗୋପତ୍ୟାକାରେ ବନ୍ୟା ପ୍ରବାହନ କଥାଏ । ଏହି ବନ୍ୟା ଦାଉରୁ ରକ୍ଷାପାଇବା ନିମିତ୍ତ ଅତ୍ୟନ୍ତକ୍ଷମତା ଗ୍ରହଣ କରାଯାଉଛି । ଗଙ୍ଗା ନଦୀକୁ ଦକ୍ଷିଣାତ୍ୟର କାବେରୀ

ନିମ୍ନ 2500 କିଲୋମିଟର କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ଦ୍ଵାରା ସଂଯୋଗ କରାଯାଇ ଏକ ଯୋଜନା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି । ଏହାଦ୍ଵାରା ଗଙ୍ଗା ନଦୀର ବଳକା ଜଳ ଏହି କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ଦ୍ଵାରା କାବେରୀ ନଦୀକୁ ପଠାଯାଇ ପାରିବ ଏବଂ ବନ୍ୟା ଦାଉ ହ୍ରାସ ହେବ । ଏହାର ଅନ୍ୟ ଏକ ବିକଳ୍ପ ପଥ ହେଲା ନିମ୍ନ କୁଳେ କୁଳେ ଭୂମିମଧ୍ୟରେ ଜଳାଶୟ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରିବ ଏବଂ ଶୁଷ୍କ ସମୟରେ ଏହି ଜଳକୁ ଉପଯୋଗ କରାହେବ ।

ଗଙ୍ଗା ଓ କାବେରୀ କେନ୍ଦ୍ରୀୟ ଖନନ ନିମ୍ନରେ କେତେକ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଫଳାଫଳ ଏକ ଫରକରେଖାରେ ରଖି ଏକ ସମୟରେ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରାଯିବ ଏବଂ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଫଳାଫଳ ଏପରି ହେବ । ଅବଶ୍ୟକ ଯେପରି ବିଶ୍ଳେଷଣ ପରେ ସ୍ଥାନ ପ୍ରଶସ୍ତ ହୋଇପାରିବ ।

ପାବିତ୍ୟ ଉପତ୍ୟକା ଅଞ୍ଚଳରେ ରେଳପଥ ଓ ରାଜପଥ ନିର୍ମାଣ କରିବା ନିମ୍ନରେ ନିମ୍ନ ବିଶ୍ଳେଷଣ (Row Det nation) ପଦ୍ଧତି ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଇପାରେ ।

---

## ପରିଶିଷ୍ଟ—1

### ମୌଳିକ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ତାଲିକା

ଆଣବିକ ସଂଖ୍ୟା Atomic Number	ମୌଳିକବସ୍ତୁର ନାମ Name of the Element	ସଙ୍କେତ Symbol	ଆଣବିକ ଓଜନ Atomic Weight
1	ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍	H	1.008
2	ହିଲିୟମ୍	He	4.003
3	ଲିଥିୟମ୍	Li	6.939
4	ବେରିଲିୟମ୍	Be	9.012
5	ବୋରନ୍	B	10.81
6	କାର୍ବନ୍	C	12.011
7	ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍	N	14.007
8	ଅକ୍ସିଜେନ୍	O	15.9994
9	ଫ୍ଲୁଇନ୍	F	18.998
10	ନିଅନ୍	Ne	20.183
11	ସୋଡ଼ିୟମ୍	Na	22.99
12	ମ୍ୟାଗନେସିୟମ୍	Mg	24.31
13	ଆଲୁମିନିୟମ୍	Al	26.98
14	ସିଲିକନ୍	Si	28.09
15	ଫସ୍ଫରସ୍	P	30.974
16	ସଲ୍ଫର୍	S	32.064
17	କ୍ଲୋରିନ୍	Cl	35.453
18	ଆରଗନ୍	A	39.948
19	ପୋଟାସିୟମ୍	K	39.02
20	କାଲ୍ସିୟମ୍	Ca	40.08
21	ସ୍କାଣ୍ଡିୟମ୍	Sc	44.96
22	ଟିଟାନିୟମ୍	Ti	47.9

23	ଭାନାଡ଼ିୟମ୍	V	50.94
24	କ୍ରୋମିୟମ୍	Cr	51.946
25	ମଙ୍ଗାନିଜ୍	Mn	54.94
26	ଆଇରନ	Fe	55.85
27	କୋବଲ୍ଟ	Co	58.93
28	ନିକେଲ୍	Ni	58.71
29	କପର୍	Cu	63.54
30	ଜିଙ୍କ୍	Zn	65.37
31	ଗେଲିୟମ୍	Ga	69.72
32	ଜର୍ମାନିୟମ୍	Ge	72.59
33	ଆର୍ସେନିକ୍	As	74.98
34	ସେଲିନିୟମ୍	Se	78.96
35	ବ୍ରୋମିନ୍	Br	79.909
36	କ୍ରିପ୍ଟନ୍	Kr	83.8
37	ରୁବିଡ଼ିୟମ୍	Rb	85.48
38	ଷ୍ଟ୍ରୋନ୍ ଷିୟମ୍	Sr	87.62
39	ଏଡିୟମ୍	Y	88.91
40	ଜିରକୋନିୟମ୍	Zr	91.22
41	କଲମ୍ବିୟମ୍ ବା ନିଉବିୟମ୍	Cb ବା Nb	92.91
42	ମଲିବଡେନମ୍	Mo	95.94
43	ଟେକନେସିୟମ୍	Te	99
44	ରୁଥେନିୟମ୍	Ru	101.07
45	ରେନ୍ଡିୟମ୍	Rh	102.91
46	ପାଲ୍ଲାଡିୟମ୍	Pd	106.4
47	ସିଲଭର	Ag	107.87
48	କ୍ୟାଡ୍ମିୟମ୍	Cd	112.40
49	ଇଣ୍ଡିୟମ୍	In	114.76
50	ଟିନ୍	Sn	118.69
51	ଆଣ୍ଟିମୋନୀ	Sb	121.75



52	ଟେଲୁରିୟମ୍	Te	127.60
53	ଆଇଓଡିନ୍	I	126.90
54	କ୍ସେନନ୍	Xe	131.3
55	ସିଜିୟମ୍	Cs	132.905
56	ବେରିୟମ୍	Ba	137.34
57	ଲାନଥାନମ୍	La	138.91
58	ସେରିୟମ୍	Ce	140.12
59	ପ୍ରେସିଡିଡାଇମିୟମ୍	Pr	140.91
60	ନିଓଡାଇମିୟମ୍	Nd	144.24
61	ପ୍ରୋମେଥିୟମ୍	Pm	145
62	ସାମାରିୟମ୍	Sm	150.35
63	ୟୁରୋପିୟମ୍	Eu	151.96
64	ଗାଡୋଲିନିୟମ୍	Gd	157.25
65	ଟର୍ବିୟମ୍	Tb	158.92
66	ଡିସପ୍ରୋସିୟମ୍	Dy	162.50
67	ହୋଲମିୟମ୍	Ho	164.93
68	ଏରବିୟମ୍	Er	167.26
69	ଥୁଲିୟମ୍	Tm	168.93
70	ଏଚ୍ଟେରବିୟମ୍	Yb	173.04
71	ଲୁଟେସିୟମ୍	Lu	174.97
72	ହାଫନିୟମ୍	Hf	178.49
73	ଟାଙ୍ଗଟାଲମ୍	Ta	180.95
74	ଟଙ୍ଗଷ୍ଟନ	W	183.85
75	ରେନିୟମ୍	Re	186.20
76	ଓସମିୟମ୍	Os	190.2
77	ଇରିଡିୟମ୍	Ir	192.2
78	ପ୍ଲାଟିନମ୍	Pt	195.09
79	ଗୋଲଡ୍	Au	196.967
80	ମରକ୍ୟୁରୀ	Hg	200.59
81	ଥାଲମ୍	Tl	204.37

82	ଲେଡ୍	Pb	207.19
83	ବିସମଥ୍	Bi	208.98
84	ପୋଲୋନିୟମ	Po	210
85	ଆସଟାଟିନ୍	At	210
86	ରାଡନ	Rn	222
87	ଫ୍ରାନ୍ସିୟମ୍	Fr	227
88	ରେଡିୟମ	Ra	226.05
89	ଆକଟିନିୟମ	Ac	227
90	ଥୋରିୟମ	Th	234.04
91	ପ୍ରୋଟୋଆକ୍ଟିନିୟମ	Pa	231
92	ୟୁରାନିୟମ୍	U	238.03

**ଟ୍ରାନସ-ୟୁରାନିକ ମୌଳିକବସ୍ତୁ ।** ଏହି ମୌଳିକବସ୍ତୁ ଗୁଡ଼ିକର ଆଣବିକ କ୍ରମାଙ୍କ ଯୁରାନିୟମର ଆଣବିକ କ୍ରମାଙ୍କ-92 ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ଏଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରକୃତରେ ଦେଖାଯାନ୍ତି ନାହିଁ ।

ଆଣବିକକ୍ରମାଙ୍କ	ମୌଳିକବସ୍ତୁର ନାମ	ସଙ୍କେତ
93	ନେପଚୁରିୟମ	Np
94	ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ	Pu
95	ଆମେରିସିୟମ୍	Am
96	କ୍ୟୁରିୟମ	Cm
97	ବରକେଲିୟମ	Bk
98	କାଲିଫର୍ଣ୍ଣିୟମ୍	Cf
99	ଆଇନଷ୍ଟାଇନିୟମ	Es
100	ଫର୍ମିୟମ	Fm
101	ମେଣ୍ଡେଲଭିୟମ୍	Md
102	ନୋବେଲିୟମ	No
103	ଲରେନସିୟମ	Lw
104	କୁରଚେଟୋଭିୟମ	

## ପରଖ ସ୍ତୁ II

ଶକ୍ତି ଏକକର ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ ସାରଣୀ  
( Energy Unit Conversion Table )

	erg	Joule (watt-sec)	kwh	cal	ev	Mev	amu
1 erg =	1	$10^{-7}$	$2.78 \times 10^{-14}$	$2.4 \times 10^{-8}$	$6.24 \times 10^{11}$	$6.24 \times 10^5$	$6.70 \times 10^2$
1 Joule (watt-sec) =	$10^7$	1	$2.78 \times 10^{-7}$	0.24	$6.24 \times 10^{18}$	$6.24 \times 10^{12}$	$6.70 \times 10^9$
1 kwh =	$3.6 \times 10^{13}$	$3.6 \times 10^6$	1	$8.75 \times 10^5$	$2.25 \times 10^{25}$	$2.25 \times 10^{19}$	$2.41 \times 10^{16}$
1 cal =	$4.18 \times 10^7$	4.18	$1.14 \times 10^{-6}$	1	$2.6 \times 10^{19}$	$2.6 \times 10^{13}$	$2.80 \times 10^{10}$
1 ev =	$1.602 \times 10^{-12}$	$1.602 \times 10^{-19}$	$4.45 \times 10^{-26}$	$3.83 \times 10^{-20}$	1	$10^{-6}$	$1.074 \times 10^{-9}$
1 Mev =	$1.602 \times 10^{-6}$	$1.602 \times 10^{-13}$	$4.45 \times 10^{-20}$	$3.83 \times 10^{-14}$	$10^6$	1	$1.074 \times 10^{-3}$
1 amu =	$1.49 \times 10^{-3}$	$1.49 \times 10^{-10}$	$4.14 \times 10^{-17}$	$3.6 \times 10^{-11}$	$9.31 \times 10^8$	931	1

### ପରିଚ୍ଛେଦ III

#### \* ପୃଥିବୀର କେତେକ ପାଣ୍ଡୁର ରିଆକ୍ଟରର ତାଲିକା

କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ପାଣ୍ଡୁର ରିଆକ୍ଟର		
ନାମ/ସ୍ଥାନ	ପ୍ରକାର/ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟୀକରଣ M.W ( )	ସାମ୍ପ୍ରତିକାଳୀନ ତାରିଖ
<b>ବେଲଜିୟମ୍</b>		
BR-3/Mol.	PWR/10.5	ଅଗଷ୍ଟ 1962
<b>କାନାଡା</b>		
NPD/Rolphton	PHWR/22.5	ଅପ୍ରେଲ 1962
CANDU-PHW-200/ Douglas Point	PHWR/203	ନଭେମ୍ବର 1966
<b>ଫ୍ରାନ୍ସ</b>		
G-2, G-3/Marcoule	GCR/2×40	ଜୁଲାଇ 1958/ଜୁନ 1959
CHINON-1/EDF-1	GCR/70	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1964
Chinon		
CHINON-2/EDF-2	GCR/200	ଅଗଷ୍ଟ 1964
Chinon		
CHINON-3/EDF-3	GCR/480	ମାର୍ଚ୍ଚ 1966
CHOOZ (SENA)/		
Chooz	PWR/266	ଅକ୍ଟୋବର 1966
EL-4/Brennilis	HWGCR/70	ଡିସେମ୍ବର 1966

\* Sciene Today September 1969ରୁ ଗୃହୀତ ।

# ଜର୍ମାନୀ ସାଧାରଣତନ୍ତ୍ର

KAHL/Grosswel-	BWR/15	ନଭେମ୍ବର	1960
zheim/Kahl (Main)			
MZFR/Karlsruhe	PHWR/50	ସେପ୍ଟେମ୍ବର	1965
KRB/Gundremmingen	BWR/237	ଅଗଷ୍ଟ	1966
AVR/Julich	HTGR/13.2	ଅଗଷ୍ଟ	1966
KWL/Lingen	BWR/252	ଫେବୃଆରୀ	1968
KWO/Obrigheim	PWR/283	ସେପ୍ଟେମ୍ବର	1968

## ଭାରତ

TARAPUR/Tarapur	BWR/2×190	ଅପ୍ରେଲ	1969
RAJASTHAN-1	PHWR/200	ଅଗଷ୍ଟ	1972
Ranaprataap Sagar			

## ଇଟାଲୀ

LATINA/(SIMEA)	GCR/200	ଡିସେମ୍ବର	1962
Latina (Foce Verde)			
GARIGLIANO/			
(SENN)	BWR/150	ଜୁନ	1963
Garigliano			
(Sessa Aurunca)			
ENRICO FERMI/			
(SELNI)	PWR/247	ଜୁନ	1964
Trino Vercellese			

## ଜାପାନ

JPDR/Tokai-Mura	BWR/11.25	ଅଗଷ୍ଟ	1963
JAPAN-ATOMIC-1	GCR/166	ମଇ	1965
Tokai-Mura			

## ନେଦରଲାଣ୍ଡ

DODEWAARD Dodewaard	BWR/51.5	ଜୁନ 1968
------------------------	----------	----------

## ସ୍ପେନ

ZORITA-1/Zorita delos canes	PWR/153	ଜୁନ 1968
--------------------------------	---------	----------

## ସ୍ୱିଡେନ

AGESTA/Agesta	PHWR/10	ଜୁଲାଇ 1963
---------------	---------	------------

## ସ୍ୱିଜରଲାଣ୍ଡ

LUCENS/Lucens	HWGCR/7	ଡିସେମ୍ବର 1966
---------------	---------	---------------

## ୟୁ.କେ.

CALDER HALL Calder Hall	GCR/4×50	{ ମଇ 1956/ ମାର୍ଚ୍ଚ 1959
CHAPELCROSS Chapelcross	GCR/4×45	{ ନଭେମ୍ବର 1958/ ଡିସେମ୍ବର 1959
DFR/Dounreay	FBR/12.7	ନଭେମ୍ବର 1959
BERKELEY Berkeley	GCR/2×138	ଅଗଷ୍ଟ 1961/ ମାର୍ଚ୍ଚ 1962
BRDWELL Bradwell	GCR/2×150	ଅଗଷ୍ଟ 1961/ ଅପ୍ରେଲ 1962
WAGR/windscale	AGR/30.4	ଅଗଷ୍ଟ 1962
HUNTERSTON-A Hunterston	GCR/2×161	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1963/ ମାର୍ଚ୍ଚ 1964
HINKLEY POINT-A	GCR/2×262	ମଇ 1961/

Hinkley Point		ଅକ୍ଟୋବର 1964
TRAWSFYNYDD	GCR/2 × 250	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1964/
Trawsfynydd		ଡିସେମ୍ବର 1964
SIZE WELL	GCR/2 × 289	ଜୁନ 1965/
Size well		ଡିସେମ୍ବର 1965
DUNGENESS-A	GCR/2 × 275	ଜୁନ 1965/
Dungeness		ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1965
OLDBURY/Oldbury	GCR/2 × 300	ଅଗଷ୍ଟ 1967/
		ଡିସେମ୍ବର 1967
SCHWR-100/wniffrith	HWLWR/100	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1967

## ଆମେରିକା

SHIPPINGPORT	PWR/90	ଡିସେମ୍ବର 1957
Shippingport		
DRESDEN-1	BWR/200	ଅକ୍ଟୋବର 1959
Morris(III)		
YANKEE	PWR/175	ଅଗଷ୍ଟ 1960
Rowe		
SAXTON	PWR/3	ଅପ୍ରେଲ 1962
Soxton (Pa)		
INDIAN POINT-I	PWR-270	ଅଗଷ୍ଟ 1962
Indian point		
BIG ROCK POINT	BWR/70.4	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1962
Big Rock Point (Mich)		
ERR/Elk River	BWR/22	ନଭେମ୍ବର 1962
HUMBOLDT BAY	BWR/68.5	ଫେବୃଆରୀ 1963
Eureka		
ENRICO FERMI		
Lagoona Beach	FBR/60.9	ଅଗଷ୍ଟ 1963

EBR-2/NRTS, Idaho	FBR/16.5	ନଭେମ୍ବର 1963
NPR/Richland PATHFINDER	LWGR/790	ଡିସେମ୍ବର 1963
Sioux Falls	BWR+ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅତିକାପ/58.5	ମାର୍ଚ୍ଚ 1964
PEACH BOTTOM-1		
Peach Bottom	HTGR/40	ମାର୍ଚ୍ଚ 1966
LACBWR/Genoa (wisc)	BWR/50	ଜୁଲାଇ 1967
SAN ONOFRE	PW/R430	ଜୁନ 1967
San Onofre		
CONNECTICUT	PWR/452	ଜୁଲାଇ 1967
YANKEE/Haddam Neek		

### ସୋଭିଏତ୍ ଯୁକ୍ତମୁକ୍ତ

APS/obninsk	LWGR/5	ମଇ 1954
ATOMS ON WHEELS	PWR/1.5	1961
obninsk		
SIBERIAN	LWGR/6 × 100	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1958
Troitsk		ଡିସେମ୍ବର 1962
ARBUS	OMR/0.50	ଜୁନ 1963
Melekess		
URAL-1	BWR+ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅତିକାପ/94	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1963
Beloyarsk	PWR/196	ଡିସେମ୍ବର 1963
WWER-1		
Novo Voronezh		
Vk-50	BWR/70	ଅପ୍ରେଲ 1965



(Ulyanovsk)

Melekess

URAL-II

Beloyarsk

BWR+ନିଉକ୍ଲିୟାର

ଅଭିଯାନ/200

ଅକ୍ଟୋବର 1967

## ନିର୍ମାଣ ଅବସ୍ଥାରେ ପାଣ୍ଡୁର ରିଆକ୍ଟର

ନାମ/ସ୍ଥାନ	ପ୍ରକାର/ନିଉକ୍ଲିୟାର Mw (e)	ନିର୍ମାଣ ତାରିଖ
-----------	-----------------------------	---------------

## ଭାରତ

RAJASTHAN 2	PHWR/200	1975
Ranapratapsagar		
KALPAKAM-1	PHWR/200	1976
Kalpakam near		
Madras		
KALPAKAM-2	PHWR/200	
Near Madras		
NARORA	/2×235	1980/1981
Uttar Pradesh		

## ବୁଲଗେରିୟା

KOZLODUY	PWR/2×400	1973/1974
Kozloduy		

## କାନାଡା

CANDU-PHW-500	PHWR/2×505	1971/1973
Pickering near Toronto		

## ଜାପାନ

TOKYO-2	BWR/784	1973
Fukushima		

## ଯୁ. କେ.

HUNTERSTON-B	AGR/2×600	1973
Hunterston		
SEATON CAREW	AGR/2×625	1973/1974
Seaton carew near Hartlepod		

## ଆମେରିକା

OCONEE-3	PWR/914	1973
Clemson (S. Carol)		
PEACH BOTTOM-3	BWR/1100	1973
Peach Bottom (Pa)		
PANCHO SECO	BWR/850	1973
Sacramento (Cal)		
SALEM-2	PWR/1050	1973
Lower Alleways Creek (N. J)		
CRYSTAL RIVER-4	PWR/855	1974
Tampa (Fla)		
PRAIRIE ISLAND-2	PWR/559-582	1974
Red wing (Minn)		

## ସଂକ୍ଷେପୀକରଣ ତାଲିକା

- AGR — ଉନ୍ନତ ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 BHWR — ଫୁଟନ୍ତା ଭାଗନଳ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 BWR — ଫୁଟନ୍ତା ହାଲୁକାଜଳ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 FBR — ଗତ୍ର ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର ।  
 GCR — ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 HTGR — ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତପ ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 HWGCR — ଭାଗନଳ ମନ୍ଦିତ ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 HWLWR — ଭାଗନଳ ମନ୍ଦିତ, ହାଲୁକା ଜଳ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 HWOR — ଭାଗନଳ ମନ୍ଦିତ, ଜୈବ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 LWGCR — ହାଲୁକାଜଳ ମନ୍ଦିତ, ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 LWGR — ହାଲୁକା ଜଳ ଶୀତଳିତ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 OMR — ଜୈବ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 PHWR — ଗୁପ୍ତପୁକ୍ତ ଭାଗନଳ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 PWR — ଗୁପ୍ତପୁକ୍ତ ହାଲୁକାଜଳ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 SGR — ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳିତ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।  
 SZR — ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳିତ, କରକୋନିୟମ୍ ହାଇଡ୍ରାଇଡ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।
-